

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматики та управління в технічних системах

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані системи управління»
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: «Автоматизована система контролю рівня теплоносія у реакторах
типу ВВЕР-1000»

Виконала:

студентка IV курсу, групи ІА-61

Нечкіна Вероніка Андріївна _____

Керівник:

старший викладач кафедри АУТС

Шимкович В.М. _____

Консультант з «Розробка сценаріїв керованих задач»:

старший викладач кафедри АУТС

Шимкович В.М. _____

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система контролю
рівня теплоносія у реакторах типу ВВЕР-1000»**

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра автоматики та управління в технічних системах

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані системи управління»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Нєчкіної Вероніки Андріївни

1. Тема проєкту «Автоматизована система контролю рівня теплоносія у реакторах типу ВВЕР-1000», керівник проєкту Шимкович Володимир Миколайович, старший викладач кафедри АУТС, затверджені наказом по університету від «06» березня 2020 р. № _____
2. Термін подання студентом проєкту 09.06.2020
3. Вихідні дані до проєкту: у нормальному режимі температура до 400 С°, тиск 150кгс/см²; в аварійному режимі температура до 1260 С°, тиск 0 кгс/см².
4. Зміст пояснювальної записки: «Вступ», «Огляд існуючих рішень», «Проектування технічних засобів», «Розробка програмного забезпечення», «Розробка «служб» програмного забезпечення», «Розробка програмного забезпечення користувача», «Розробка сценаріїв керованих задач», «Висновки», «Перелік використаних джерел».
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): структурна схема обладнання системи, структурна схема програмного забезпечення, електрична принципова схема частина перша, електрична принципова схема частина друга.

6. Консультанти розділів проєкту

Розробка сценаріїв керованих задач	Шимкович В.М., старший викладач кафедри АУТС	Підпис, дата	
		05.05.2020	30.05.2020

7. Дата видачі завдання 07.03.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз існуючих рішень	10.03.2020	
2	Розробка структурної схеми	17.03.2020	
3	Розробка електричної принципової схеми	28.03.2020	
4	Розробка структури програмного забезпечення	05.04.2020	
5	Написання програмних модулів	15.04.2020	
6	Розробка бази технологічних параметрів	30.04.2020	
7	Розробка АРМ оператора	07.05.2020	
8	Опис розділів роботи	17.05.2020	
9	Оформлення документації	30.05.2020	

Студент

Вероніка НЄЧКІНА

Керівник

Володимир ШИМКОВИЧ

АНОТАЦІЯ

Нечкіна В.А. Автоматизована система контролю рівня теплоносія у реакторі типу ВВЕР-100. КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2020.

Проект містить 68 с. тексту, 16 рисунків, 9 таблиці, посилання на 16 літературних джерел, додатки та 5 конструкторських документів.

Ключові слова: система контролю, рівень теплоносія, термopара, первинна обробка, енергоблок.

Об'єктом розробки є автоматизована система контролю рівня теплоносія у реакторі типу ВВЕР-1000.

Мета розробки – виявлення парогазового об'єму під кришкою реактора.

Даний дипломний проект присвячений створенню системи контролю парогазового об'єму під кришкою реактора для непрямого вимірювання рівня теплоносія в реакторі типу ВВЕР-1000.

Система являє собою програмно-технічний комплекс, який призначений для збору, обробки, візуалізації, архівування та передачі споживачеві інформації про рівень і температуру теплоносія в корпусі водо-водяних енергетичних атомних реакторів при будь-яких режимах експлуатації, а також для роботи в складі АСУ ТП АЕС. Програмне забезпечення відповідає нормам безпеки для систем, важливих для безпеки класу ЗН. Для захисту від несанкціонованого доступу, засобами операційної системи реалізовані різні права доступу для оперативного персоналу, чергових інженерів і супроводжуючих програмістів.

В даному дипломному проекті розроблено: схема структурна електрична, програмні модулі системи, алгоритм контролю рівня теплоносія, алгоритми діагностування технічних засобів, графічні елементи і дизайн відеоформатів.

SUMMARY

Niechkina V.A. Automated control system of level heat-transfer agent in PWR-1000 reactor. KPI, Igor Sikorsky's name, Kyiv, 2020.

The project contains 68 seconds. text, 16 figures, 9 tables, references to 16 literature sources, appendices and 4 design documents.

Keywords: control system, coolant level, thermocouple, primary treatment, power unit.

The object of development is an automated system for monitoring the level of coolant in the reactor type PWR-1000.

The purpose of the development is to detect the vapor volume under the reactor lid.

This diploma project is devoted to the creation of a system for controlling the vapor volume under the lid of the reactor for indirect measurement of the coolant level in the reactor type PWR-1000.

The system is a software and hardware complex are designed to collect, process, visualize, archive and transmit to the consumer information about the level and temperature of the coolant in the body of water-water nuclear power reactors in any mode of operation, as well as to work as part of APCS nuclear power plant. The software meets safety standards for systems that are important for Class 3H safety. To protect against unauthorized access, the operating system implemented various access rights for operational personnel, engineers on duty and accompanying programmers.

In this diploma project the following we developed: the scheme is structural electric, software modules of system, algorithm of control of level of the heat carrier, algorithms of diagnosing of technical means, graphic elements and design of video formats.

Номер рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. аркушів	Номер екзем.	Примітка
1			<u>Документація загальна</u>			
2			Знову розроблена			
3						
4						
5	A4	IA61.170БАК.005 ПЗ	Пояснювальна записка	68		
6	A3	IA61.170БАК.005 Д1	АСКРТ у реакторах ВВЕР-1000.			
7			Діаграма програмного забезпечення	1		
8	A3	IA61.170БАК.005 Д2	АСКРТ у реакторах ВВЕР-1000.			
9			Діаграма алгоритму	1		
10	A3	IA61.170БАК.005 Э2	АСКРТ у реакторах ВВЕР-1000.			
11			Схема функціональна	1		
12	A3	IA61.170БАК.005 Э3.1	АСКРТ у реакторах ВВЕР-1000.			
13			Схема електрична принципова	1		
14	A3	IA61.170БАК.005 Э3.2	АСКРТ у реакторах ВВЕР-1000.			
15			Схема електрична принципова	1		
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	<div>IA61.170БАК.005 ТП</div> <div>Автоматизована система контролю рівня теплоносія у реакторі типу ВВЕР-1000</div> <div>Відомість технічного проекту</div>	
Розроб.		Нечкіна В.А.				
Перевір.		Шимкович В.М.				
Н. Контр.						
Затв.					<div>Лім.</div> <div>Т</div> <div>Аркуш</div> <div>Аркушів</div> <div>НТУУ «КПІ» ФІОТ</div> <div>Група IA-61</div>	
						1

ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ	4
ВСТУП	6
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	8
1.1 Опис енергоблока з реактором ВВЕР-1000.....	8
1.2 Аналіз інцидентів з втратою теплоносія	10
1.3 Огляд існуючих рішень	15
1.4 Постановка задачі	16
2 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ.....	18
2.1 Технічні характеристики	18
2.2 Датчики індикації.....	20
2.3 Компенсаційний пристрій.....	21
2.4 Блок первинної обробки.....	21
2.5 Розробка структурної схеми	25
3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	29
3.1 Постановка завдання для програмного забезпечення.....	29
3.2 Розробка структури програмного забезпечення	30
4 РОЗРОБКА «СЛУЖБ» ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	33
4.1 Опис «служб» програмного забезпечення	33
4.2 «Служба» SkautCore	34
4.3 «Служба» SkautGate.....	37
4.4 «Служба» SkautRecorder.....	38
4.5 «Служба» SkautWatchDoge	39
4.6 Розробка розподіленої бази даних	39
5 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОРИСТУВАЧА	44

					IA61.170БАК.005 ПЗ			
Зм	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата	Автоматизована система контролю рівня теплоносія в реакторі ВВЕР-1000 Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Нечкіна В.А.					Т	2	68
Перев.	Шимкович В.М.							
Н. контр.						НТУУ"КПІ" ім. І. Сікорського Група ІА-61		
Затв.								

5.1 Розробка АРМ оператора	44
5.2 Розробка програмних модулів	45
5.2.1 Програмний модуль SkautBrowser.....	45
5.2.2 Програмний модуль SkautEditor	46
5.3 Усунення несправностей БПО.....	49
5.4 Зупинка програмного забезпечення.....	51
5.5 Повна зупинка програмного забезпечення.....	53
6 РОЗРОБКА СЦЕНАРІЇВ КЕРОВАНИХ ЗАДАЧ	54
6.1 Розрахунок температури в першому контурі.....	54
6.2 Алгоритми контролю рівня теплоносія	56
6.3 Вирішення проблеми стрибків	59
6.3.2 Розробка моделі рішення.....	60
6.3.3 Отримані результати	63
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67
ДОДАТОК А.....	69

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ

АЕС – Атомна електростанція;

АСКР – Автоматизована система контролю рівня теплоносія ;

БДПЗ – Блок детекторів прямого заряду;

БЗТ – Блок захисних труб;

БПО – Блок первинної обробки;

БЩК – Блок-щит керування;

ВБ – Верхній блок;

ВВЕР – Водно-водяний енергетичний реактор;

ГЦЕН – Головний центробіжний енергетичний насос;

ГЦК – Головний циркулярний контур;

ГЦН – Головний циркулярний насос;

ЕВ – енерговиділення;

ІБД – Інформаційна база даних;

КНВТР – комплект нейтронних вимірювачів температури та рівня;

КТ – конденсатори турбін;

ПАМС – Система поставарійного моніторингу;

ПГ – Парогенератор;

ПК – пристрій компенсаційний;

ПЛК – програмний логічний контролер;

ПТ – Перетворювач термоелектричний;

ПС – Поглинаючі стержні;

ПТН – Перетворювач термоелектричний, який нагрівається;

ПНТ – Підігрівач низького тиску;

					IA61.170БАК.005 ПЗ	Аркуш
						4
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

ТВЗ – тепловиділяюча збірка;
 ТО – Термометр опору;
 ТСБ – Індикатори на БЩК і РЩК;
 РБД – Розроблена база даних;
 РЩК – Резервний щит керування;
 САОЗ – Система аварійного охолодження зони;
 СУЗ – Система управління і захисту;
 ЯПГУ – ядерна парогенеруюча установка.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

На сьогодні атомно-енергетичний потенціал нашої країни повністю базується на корпусних водно-водяних реакторах типу ВВЕР-440 і ВВЕР-1000. Енергоблоками типу ВВЕР-1000 являються 1-4 блоки Південно-української АЕС (ПУАЕС), усі блоки Запорізької АЕС (ЗАЕС), 3-4 блоки Рівненської АЕС (РАЕС), 1-2 блоки Хмельницької АЕС (ХАЕС).

Енергоблок типу ВВЕР-1000 має два контури охолодження. У першому контурі прокачується теплоносій – розчин борної кислоти у воді, який також є сповільнювачем швидких нейтронів. Теплоносій, що нагрівається в першому контурі, передає тепло воді з другого контуру, випаровуючи його. Пара поступає до турбіни, обертаючи її і перетворюючи тепло в електроенергію.

Проблема з виміром рівня теплоносія в першому контурі виникла в 1979 році після аварії на другому блоці АЕС «Три-Майл-Айленд», США, на якому використовувався двоконтурний водно-водяний реактор потужністю 906МВт, і є загальною для всіх водно-водяних реакторів, у тому числі і для ВВЕР-1000. Внаслідок припинення відведення тепла від першого контуру (через відмову поживних насосів другого контуру і закритих засувок на натиску насосів аварійної системи подачі води) піднявся тиск теплоносія першого контуру і відкрився імпульсний запобіжний клапан системи компенсації тиску, який теж був несправний. Через несправність клапана скидання теплоносія тривало до оголення активної зони і її плавлення. Аварія супроводжувалася рядом помилок персоналу АЕС, викликаних неправдивими показами рівнеміра першого контуру, який показував його заповнення.

Рівнемір, що використовується в двоконтурних водно-водяних реакторах, вимірює рівень заповнення першого контуру побічно (по рівню води в компенсаторі тиску), що, як показала аварія на Три-Майл-Айленді, не завжди дає вірну інформацію про рівень теплоносія в першому контурі.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		6

В Україні проблема прямого виміру рівня теплоносія виникла при прийнятті Україною програми ядерної безпеки МАГАТЕ. В рамках цієї програми було прийнято рішення про впровадження нових елементів безпеки Українських енергоблоків, зокрема – встановлення на кожен енергоблок системи контролю рівня теплоносія.

На даний момент такі системи встановлені на всіх енергоблоках українських АЕС. Функції такої системи реалізовані у рамках ПАМС (система поставарійного моніторингу), яку почали встановлювати на енергоблоках України впродовж 6 років починаючи з 2012 року.

Метою даного дипломного проєкту є розробка автоматизованої системи контролю рівня теплоносія у реакторі для безперервної цілодобової експлуатації у складі водно-водяних енергетичних реакторів в аварійних і післяаварійних режимах. Метою створення такої системи є підвищення безпеки реакторів ВВЕР-1000 моделей В-320 в режимі нормальної експлуатації за рахунок своєчасного виявлення парогазового об'єму під кришкою реактора, а також контроль рівня теплоносія. Розроблена система повинна відноситись до систем післяаварійного моніторингу(ПАМС).

Для досягнення мети дипломного проєкту необхідно:

- а) розробити структурну та електричну принципову схему обладнання системи контролю рівня теплоносія;
- б) розробити програмне забезпечення :
 - 1) системне програмне забезпечення;
 - 2) сервісне програмне забезпечення.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						7
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Опис енергоблока з реактором ВВЕР-1000

В активній зоні реактора всередині твелів, зібраних в тепловиділяючу збірку (ТВЗ), в керамічних пігулках з діоксиду урану містяться ізотопи ^{235}U і (після початку експлуатації) ^{239}Pu , ^{241}Pu , що діляться під дією теплових нейтронів. Через реактор і активну зону по чотирьох петлях з внутрішнім діаметром трубопроводів 850 мм головний циркуляційний насос (ГЦН) прокачується вода, яка є одночасно уповільнювачем швидких нейтронів, що народжуються при діленні до теплової енергії, і теплоносієм, тобто служить для відведення тепла, що виділяється в активній зоні в результаті ланцюгової реакції.[1]

У початковому стані перед пуском енергоблока у воді розчинено до 16г/кг H_2O борної кислоти (H_3BO_3), що містить сильний поглинач нейтронів ізотоп ^{10}B (19.8% бору природного складу). Збереження реактора ВВЕР-1000 в заглушеному (підкритичному) стані забезпечується окрім борної кислоти розміщенням в активній зоні поглинаючих стержнів системи управління і захисту (ПС СУЗ), кожен з яких забезпечений окремим приводом.

Послідовним витяганням ПС СУЗ і зменшенням концентрації борної кислоти в активній зоні досягається ланцюгова реакція, яка сама підтримується, на будь-якому рівні потужності, аж до номінальної.

Для енергоблоків з ВВЕР-1000 характерна двоконтурна схема відведення тепла від реактора. До складу кожної петлі першого контуру, або, як його ще називають, головного циркуляційного контуру (ГЦК) окрім ГЦН входять парогенератори (ПГ), де теплоносії, що нагрівається в активній зоні реактора, передає своє тепло воді другого контуру, випаровуючи її. Пара з ПГ по головних паропроводах поступає в турбіну. Механічна енергія обертання ротора турбіни перетворюється в генераторі в електроенергію, яка через блокові трансформатори, що підвищують, спрямовується в енергосистему. Пара, що

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						8
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

відпрацювала в турбіні, конденсується в конденсаторі, а вода, що утворилася, насосами через блокову знесолюючу установку і регенеративні підігрівачі низького тиску (ПНТ) спрямовується у деаератор і звідти поживними насосами через підігрівачі високого тиску – в парогенератор.

Температура і тиск теплоносія визначається двома основними чинниками: максимально допустимою за умовами міцності і стійкості температурою цирконієвих покриттів твелів (350 - 400 °С) і не допущенням об'ємного кипіння теплоносія на виході з ТВЗ.[2]

Виконання цих умов призводить до обмеження середньої температури теплоносія на виході з ТВЗ значенням біля 330 °С і тиску в ПГ 6-7 МПа. При цих відносно низьких в порівнянні з тепловою енергетикою параметрах вигіднішим є термодинамічний цикл з використанням насиченої пари. При цьому тільки одна третина теплової енергії, що виробляється в реакторі, перетвориться в електрику, інші дві третини з циркуляційною водою передаються кінцевому поглиначу тепла (повітрю в градирнях або воді найближчих до АЕС річок, озер і морів).

ГЦК з устаткуванням, що входить в нього, системами безпеки і допоміжними системами прийнято називати ЯПГУ. Системи другого контуру, що обслуговують турбіну і парогенератори, також називають системами машинного залу.

Окрім теплотехнічного устаткування і систем реакторного відділення і машинного залу роботу енергоблока забезпечують:

- а) системи спецводоочищення і зберігання відходів, призначені для переробки і зберігання АЕС рідких твердих і газоподібних радіоактивних відходів, що утворюються в процесі роботи;
- б) транспортно-технологічне устаткування і споруди для прийому, зберігання і завантаження в реактор, витримки і відправки на переробку ядерного палива, а також операцій по витяганню і установці комплектуючих компонентів реактора – верхнього блоку внутрішньокорпусних облаштувань та ін;

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						9
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- в) електротехнічне устаткування і схеми, що здійснюють видачу потужності від АЕС і живлення споживачів власних потреб блоку;
- г) автоматизована система управління технологічним процесом (АСУ ТП) блоку;
- д) система радіаційного контролю за рівнем радіоактивності в технологічних контурах і приміщеннях, опромінюванням персоналу, дотримання норм радіоактивних викидів з АЕС;
- е) проміжні контури системи технологічного водопостачання, призначені для забезпечення нормального теплового режиму роботи різних механізмів і систем АЕС, розхолодження теплоносія першого контуру, охолодження конденсаторів турбін (КТ) шляхом відведення тепла до кінцевого поглинача;
- ж) системи опалювання і вентиляції;
- з) загальнопромислових систем:
 - 1) пожежогасіння;
 - 2) водопроводу;
 - 3) каналізації.

1.2 Аналіз інцидентів з втратою теплоносія

Особливе місце серед можливих порушень в роботі АЕС займають аварії, викликані втратою теплоносія першого контуру. У цю категорію включається і максимальна проектна аварія, в якості якої відповідно до правил приймається розрив трубопроводу першого контуру максимального діаметру повним перерізом.

З точки зору небезпеки радіаційної дії на довкілля порушення в роботі АЕС, пов'язані з втратою теплоносія відрізняються від усіх інших аварійних ситуацій.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						10
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідна подія полягає в ушкодженні одного з бар'єрів безпеки. Крім того, створюється загроза руйнування усіх бар'єрів безпеки.

Аварія з втратою теплоносія відбувається при розриві трубопроводу системи охолодження реактора або утворенні настільки великої течії, що система підживлення не зможе заповнити витік. АЕС оснащуються різними технічними системами забезпечення безпеки, призначеними для послаблення наслідків такої події. При функціонуванні технічних систем забезпечення безпеки в проектних режимах протікання аварії з втратою теплоносія коротко можна описати наступними етапами:

- розривається трубопровід, і вода при високій температурі і тиску швидко витікає в захисну оболонку;
- система аварійного охолодження активної зони включається в роботу;
- радіоактивні речовини, що виділилися з активної зони, поступають в приміщення захисної оболонки, що мають малий витік;
- в результаті природних процесів осадження і дії систем видалення основна частина радіоактивних речовин, що виділилися, виводиться з атмосфери захисної оболонки;
- системи відведення тепла зменшують тиск під захисною оболонкою, тим самим зменшуючи викид радіоактивних речовин в довкілля.

Якщо САОЗ виконає свої функції, то активна зона реактора буде відповідним чином охолоджена, і наслідки будуть невеликими. Проте наслідки можуть бути набагато важчі, якщо в результаті несправності САОЗ станеться перегрівання активної зони.

Аварія на АЕС Три-Майл-Айленд – одна з найбільших аварій в історії ядерної енергетики, яка сталася 28 березня 1979 року на атомній станції Три-Майл-Айленд, розташованій на річці Саскуеханна, недалеко від Гаррисберга (Пенсильванія, США).

До Чорнобильської аварії, що сталася через сім років, аварія на АЕС Три-Майл-Айленд вважалася найбільшою в історії світової ядерної енергетики і досі

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						11
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

вважається найважчою ядерною аварією в США. В ході її була серйозно пошкоджена активна зона реактора, частина ядерного палива розплавилася.

На АЕС Три-Майл-Айленд використовувалися водно-водяні реактори з двоконтурною системою охолодження, експлуатувалися два енергоблоки, потужністю 802 і 906 МВт, аварія сталася на блоці номер два (ТМІ-2) 28 березня 1979 року.

Першопричиною аварії стала відмова поживних насосів в другому контурі системи охолодження реактора, в результаті якої припинилася подача води в обидва парогенератори. Автоматично відключився турбогенератор і включилася аварійна система подачі поживної води в парогенератори, проте, незважаючи на нормальне функціонування усіх трьох аварійних насосів, вода в парогенератори не поступала. Виявилось, що засувки на натиску насосів були закриті. Цей стан зберігся з планового ремонту, що закінчився на блоці за декілька днів до аварії.

Оскільки відведення тепла від першого контуру припинилося, в ньому став рости тиск, який через декілька секунд перевищив допустиме значення. Відкрився імпульсний запобіжний клапан на системі компенсації тиску, скидаючи пару в спеціальну ємність, барботер. Тиск став підвищуватися набагато повільніше. Високий тиск в першому контурі, приблизно 17МПа, послужив причиною зупинки реактора дією аварійного захисту через 9 секунд після вихідної події. Теплоносій в контурі перестав нагріватися, середня температура впала і об'єм води став зменшуватися. Зростання тиску різко перейшло в його падіння. У цей момент проявилася ще одна технічна несправність - запобіжний клапан повинен був закритися по нижній уставці спрацьовування, але цього не сталося, і скидання теплоносія першого контуру тривало. Індикатор на пульті оператора при цьому показував, що клапан закритий, хоча насправді лампочка сигналізувала лише про те, що з клапана було знято живлення. Інших засобів контролю не було передбачено. Витік теплоносія тривав майже 2,5 години, поки не був закритий відсічний клапан.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						12
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Час повного осушення при втраті поживної води для парогенераторів того типу, які були встановлені на цій станції, складає 30-60 секунд, що визначається їх малим водозмістом. Тому на декілька хвилин тепловідвід з першого контуру практично повністю припинився.

Через дві хвилини після вихідної події автоматично, як і передбачено при падінні тиску нижче допустимого, в даному випадку 12 МПа, в системі першого контуру включилася система аварійного охолодження активної зони реактора, насоси системи високого тиску.

У цей момент оператори АЕС допустили першу серйозну помилку, яка, ймовірно, і визначила характер аварії та її масштаб. Вони відключили один, а потім і другий аварійний насос з трьох працюючих, а на тому, що залишився, вручну зменшили витрату більш ніж в 2 рази, такої кількості води було недостатньо для компенсації течі. Причиною такого рішення послужили свідчення рівнеміра компенсатора об'єму, з яких виходило, що вода подається в перший контур швидше, ніж виходить через несправний запобіжний пристрій. Персонал, що управляє реактором, був навчений запобігати заповненню водою компенсатора тиску (не "вставати на жорсткий контур"), оскільки при цьому ускладнюється регулювання тиску в контурі, що небезпечно з точки зору його цілісності. Тому вони відключили "зайві", на їх думку, насоси високого тиску. Як виявилось згодом, рівнемір надавав невірні свідчення. Насправді в цей час відбувалося подальше падіння тиску в першому контурі із-за некомпенсованої течі. Коли тиск впав до точки насичення, у активній зоні почали утворюватися бульбашки пари, які почали витісняти з неї воду у компенсатор тиску, тим самим ще більше збільшуючи неправдиві свідчення рівнеміра. Все ще стурбовані необхідністю не допустити переповнювання компенсатора оператори почали зливати воду з нього ще і через дренажну лінію першого контуру.

Ця і подальші помилки операторів стали причинами таких серйозних наслідків цієї аварії. Попри те, що в певний момент персонал станції розібрався в ситуації, що відбувається, і почав приймати правильні рішення, активна зона

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						13
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

оголилася на 2/3. Частина, що оголіла, розігрілася до температури 2200 град, що привело до швидкого окислення оболонок тепловиділяючих елементів (пароцирконієва реакція з виділенням великої кількості водню) і, надалі, їх великому руйнуванню внаслідок розчинення діоксиду урану цирконієм і стіканню цієї маси вниз. За оцінками фахівців, окислювалася приблизно 1/3 загальної кількості цирконію.

Хоча ядерне паливо частково розплавалося, воно не пропало корпус реактора, тому радіоактивні речовини, в основному, залишилися усередині. За різними оцінками, радіоактивність благородних газів, викинутих в атмосферу, склала від 2,5 до 13 мільйонів кюри, проте викид небезпечних нуклідів, таких як йод-131, був незначним. Територія станції також була забруднена радіоактивною водою, що витекла з першого контуру. Було вирішено, що в евакуації населення, що проживало поряд із станцією, немає необхідності, проте губернатор Пенсильванії порадив покинути п'ятимильну зону вагітним жінкам і дітям дошкільного віку. Середня еквівалентна доза радіації для тих людей, що живуть в 10-мильній (16 км) зоні, склала 8 мілібер (80 мкЗв) і не перевищила 100 мілібер (1 мЗв) для будь-якого з жителів. Для порівняння, вісім мілібер приблизно відповідають дозі, що отримується при флюорографії, а 100 мілібер дорівнюють одній третині від середньої дози, що отримується жителем США за рік за рахунок фонових випромінювання.

Але, попри те, що першопричиною аварії була, у результаті, помилка операторів АЕС, хотілося б підкреслити, що реакція операторів на події, що розгорталися, будувалася на свідченнях рівнеміра першого контуру, який показував, що перший контур заповнений теплоносієм упродовж усієї аварії. Рівнемір у складі двоконтурних енергоблоків вимірює рівень заповнення теплоносієм першого контуру шляхом непрямих вимірів, і будь у персоналу АЕС на той момент засоби прямого виміру заповненої зони першого контуру, що сигналізували б про течу, реакція персоналу була б правильною і аварії б не сталося.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						14
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Огляд існуючих рішень

Для надійного контролю рівня і наявності теплоносія в системі охолодження першого контуру реакторів ВВЕР фірмою ІНКОР РФ запропонована система виміру рівня за допомогою зборок виміру рівня типу КИТУ, або вбудову до системи зборок нейтронних детекторів – КНВТР.

Ці зборки мають датчики рівня у вигляді термоперетворювачів (далі ТП), які в процесі роботи нагріваються, а для компенсації впливу температури теплоносія і одержання чистого сигналу – ще й такі, які не нагріваються.[3]

Властивості, якими повинні відзначатися зборки виміру теплоносія у реакторі, наступні:

- висока структурна стійкість та надійність;
- використання вузлів, надійність яких підтверджена довголітньою експлуатацією на АЕС;
- можливість встановлення в канали ЕВ БЗТ, в яких експлуатуються БДПЗ (блоки детекторів прямої зарядки);
- відповідність вимогам до технічних засобів ядерного приладобудування, які експлуатуються на АЕС з ВВЕР;
- відносно великий сигнал від термоелектричних перетворювачів;
- безпосередній контакт з теплоносієм у реакторі.

При цьому дуже складно забезпечити безпосередній контакт сигналізатора з теплоносієм з наступних причин:

- неможливо встановити сигналізатор безпосередньо в корпус реактора поза існуючі «мокрі» або «сухі» канали;
- рівень теплоносія в каналі ЕВ (енерговиділення, мокрий) при штатній роботі реактору або при падінні рівня на 30-50% не співпадає з рівнем теплоносія в корпусі реактору.

Можна припустити, що остання причина пов'язана з підпором теплоносія в каналі ЕВ за рахунок тиску стовпа теплоносія в корпусі реактора, в компенсаторі

					IA61.170БАК.005 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єму, а також завдяки працюючим ГЦЕН (головним центробіжним енергетичним насосам).

При цьому рівень теплоносія в каналі ЕВ перевищує рівень в корпусі реактора, але ця різниця не є постійна, а залежить від багатьох факторів, таких як температура, кількість працюючих ГЦЕН, рівня теплоносія в корпусі тощо.

Як видно, існуючі методи рішення не надають реальної інформації щодо рівню теплоносія у першому контурі. Але, якщо розмістити датчики для виміру рівня теплоносія у «сухих» каналах БЗТ, вони зможуть контактувати з теплоносієм через кришку верхнього блоку, і виміри, які будуть здійснюватися датчиками, відповідатимуть реальному значенню рівня теплоносія у першому контурі. В даному дипломному проекті буде розроблено систему контролю парогазового об'єму під кришкою реактора для непрямого виміру рівня теплоносія з розміщенням датчиків у «сухих» каналах БЗТ.

1.4 Постановка задачі

Система контролю рівня теплоносія, яка далі буде розроблена, повинна працювати у безперервному режимі цілодобової експлуатації у складі водно-водяних енергетичних реакторів в режимі нормальної експлуатації, а також в аварійних та післяаварійних режимах, включаючи максимальну проектну аварію типу LOCA.[4]

Повинна виконувати наступні функції:

- визначення наявності (відсутності) парогазової суміші і падіння рівня теплоносія нижче точок місцезнаходження первинних датчиків;
- надання інформації про наявність (відсутність) парогазової суміші і рівень теплоносія під ВБ реактора при всіх режимах експлуатації;

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						16
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- реєстрація і зберігання вимірної і розрахункової інформації, достатньої для однозначного встановлення вихідних подій виникнення порушень нормальної експлуатації і аварій, їх розвитку;
- формування і ведення довготривалого (багаторічного) архіву;
- контроль працездатності і діагностика власних технічних і програмних засобів.

Технічні засоби АСКРТ повинні збирати, обробляти, архівувати та передавати користувачу інформацію про рівень та температуру теплоносія у корпусі водо-водяних енергетичних атомних реакторів при любых режимах експлуатації, а також для роботи у складі АСУ ТП АЭС.

Програмне забезпечення повинно виконувати наступні функції:

- прийом сигналів від індикаторів контролю рівня і датчиків температури теплоносія в точках контролю в корпусі реактора;
- виконання розрахунків в реальному масштабі часу;
- індикацію наявності / відсутності теплоносія в точках контролю рівня теплоносія в корпусі реактора;
- реєстрацію і зберігання вимірної і розрахункової інформації в архіві;
- передачу цифрової інформації споживачу по Ethernet;
- забезпечення і управління електроживленням індикаторів контролю рівня теплоносія;
- діагностування технічного обладнання, індикаторів рівня теплоносія і первинних датчиків температури теплоносія в корпусі реактора, що видають сигнали в технічне обладнання.

2 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

2.1 Технічні характеристики

АСКРТ повністю автономна система. АСКРТ є розподіленою, децентралізованою, ієрархічною системою, відкритою для її подальшого розвитку шляхом підключення локальних підсистем.[6]

На рисунку 2.1 представлена структурна схема системи післяаварійного моніторингу(ПАМС).

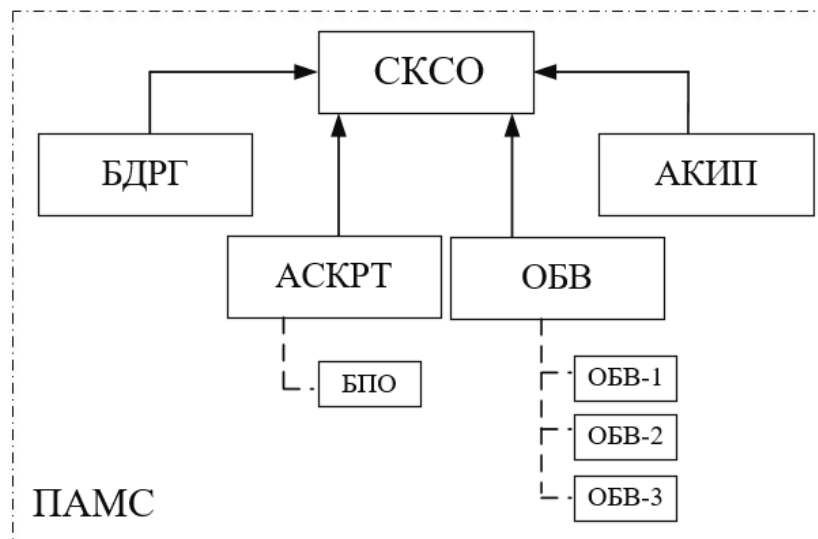


Рисунок 2.1 – Структурна схема ПАМС

На рисунку 2.1 прийняті наступні позначення:

- СКСО – суб. комплект каналу зв'язку з об'єктом;
- БДРГ – блок детектування гамма-випромінювання для аварійних і післяаварійних режимах;
- АКИП – контроль рівня теплоносія у петлях;
- ОБВ – контроль рівня температури води у басейні витримки;

АСКРТ призначена для безперервної цілодобової експлуатації у складі водно-водяних енергетичних реакторів в режимі нормальної експлуатації, а також

в аварійних і післяаварійних режимах, включаючи максимальну проектну аварію типу LOCA, і забезпечує виконання наступних завдань :

- визначення наявності (відсутності) парогазової суміші і падіння рівня теплоносія нижче точок місця розташування первинних датчиків (1900 мм від трубної дошки стояка ТК БЗТ) при виникненні парогазової суміші під ВБ реактора і надання інформації про наявність (відсутність) парогазової суміші і рівень теплоносія під ВБ реактора при всіх режимах експлуатації енергоблока на БЦК РЦК і в систему "Чорний ящик" (вихідною подією розвитку аварії, пов'язаною з падінням рівня теплоносія в реакторі, є утворення парогазового "пузиря" під ВБ реактора);
- реєстрація і зберігання вимірної і розрахункової інформації, достатньої для однозначного встановлення вихідних подій виникнення порушень нормальної експлуатації і аварій, їх розвитку;
- формування і ведення довготривалого (багаторічного) архіву;
- контроль працездатності і діагностика власних технічних і програмних засобів.

Структурно АСКРТ складається з нижнього і верхнього рівнів.

Нижній рівень складається з:

- первинних датчиків (індикатори рівня теплоносія, термоелектричні перетворювачі);
- компенсаційних пристроїв;
- шлейфів, з'єднувачів.

Верхній рівень складається з:

- комплексу зв'язку з об'єктом;
- сервера;
- допоміжного устаткування;
- периферійного устаткування.

Перелік технічних засобів, що входять до складу АСКРТ, представлений у таблиці 2.1.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						19
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Перелік технічних засобів АСКРТ

Умовне позначення	Кількість,(шт)	Позначення
Перетворювач термоелектричний (нагрівається)	3	ПТН АСКРТ
Перетворювач термоелектричний (не нагрівається)	3	ПТ АСКРТ
Пристрій компенсаційний (ПК)	3	ПКБ
Блок первинної обробки	1	БПО
Індикатори на БЩК і РЩК	4	ТСБ
Термометр опору	1	ТО

2.2 Датчики індикації

Блок детекторів прямого заряду рівня теплоносія(БДПЗ-Р) включає в себе термоелектричні перетворювачів, які нагріваються(ПТН), термоелектричні перетворювачі(ПТ) та термометр опору(ТО).

БДПЗ-Р АСКРТ є первинним внутрішньо реакторним датчиком АСКРТ та призначений для вироблення вхідних сигналів системи, що характеризують фазовий стан теплоносія під ВБ реактора. Датчики індикації рівня теплоносія розроблені НВФ ІНІТ відповідно до вимог технічної специфікації 14251.

Х2.Р4.ТС. 00 "Система контролю парогазового об'єму під кришкою реактора для непрямого виміру рівня теплоносія в корпусі реактора".

В якості пристрою сигналізації про виникнення парогазового об'єму в корпусі реактора використовуються індикатори типу ТСБ, встановлені на БЩК і РЩК. Індикатори встановлені на БЩК і РЩК.

2.3 Компенсаційний пристрій

Пристрої компенсаційні типу ПКБ 1 АС призначені для компенсації температури "холодних спаїв" АСКРТ, для комутації виводів по 4-х дротяній схемі двох термометрів опору і підключення електронагрівача БДПЗ-Р, а також підключення ПТ АСКРТ. Пристрої компенсаційні розроблені на базі пристроїв компенсаційних типу УК 82-01.

2.4 Блок первинної обробки

Блок первинної обробки побудований за ієрархічним принципом.

Всі елементи БПО підключаються безпосередньо до єдиної магістралі обміну даними - Ethernet.

Мережа Ethernet виконує функції інтеграції всіх елементів виробу, включаючи модулі розподіленого вводу / виводу серії Арах.

Магістраль обміну даними виконана дубльованою, що дозволяє виробу зберігати працездатність при відмові одного каналу зв'язку. В якості інформаційної магістралі використовується стандартна середовище передачі даних Fast Ethernet (10/100 Мбіт / с).

Модулі Арах об'єднують функції введення / виводу і кросових пристроїв: модуль зв'язку з об'єктом підключається безпосередньо до кросовим клем і далі в гнізда УЗНЦ2-4 / 30РП111.

Архітектура БПО дозволяє виробляти безударную заміну будь-яких комплектуючих (пристроїв введення / виводу, процесорних пристроїв, джерел живлення, комунікаційного обладнання).

Конструкція модулів така, що заміна несправних елементів відбувається без демонтажу кабелів зв'язку з об'єктом. Програмне забезпечення БПО виконується на програмованих логічних контролерах (ПЛК) АРАХ 5580 в складі БПО.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						21
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмований логічний контролер АРАХ 5580 призначений для управління блоками вводу / виводу і виконання обробки отриманої інформації для виявлення парогазового об'єму і видачі сигналів в верхній рівень Системи поставарійних моніторингу (ПАМС).

БПО представляє собою шафа, в якому встановлені:

- програмовані логічні контролери (ПЛК);
- модулі розподіленого вводу / виводу;
- модулі перетворення;
- блоки живлення ПЛК;
- керовані блоки електроживлення;
- блоки резервування;
- конвертор струму;
- сервісне обладнання.

У шафу заводиться два фідера харчування змінної напруги 220В. Після комутаційних елементів (диференціальних автоматів) вхідна напруга надходить на контактор, комутаційні елементи і на вторинні джерела живлення. У шафі є два вторинних джерела живлення з вихідною напругою + 24В, що живлять елементи, встановлені в шафі.

Для електроживлення ПЛК і модулів вводу / виводу використовуються власні джерела електроживлення – АРАХ 5343Е.

Керовані блоки електроживлення призначені для забезпечення електроживленням зовнішніх споживачів.

Блоки резервування призначені для резервування вторинних джерел електроживлення.

Конвертор струму призначений для контролю і управління вихідними струмами керованих блоків електроживлення.

Зовнішній вид БПО представлений на рисунку 2.2.

Компонування складових БПО представлена на рисунку 2.3.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						22
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

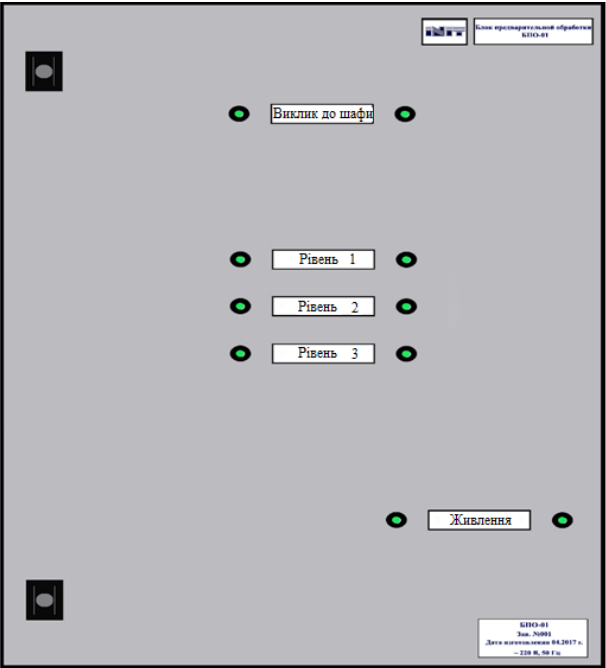


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд БПО



Рисунок 2.3 – Компонування складових БПО

БПО призначений для збору, обробки, архівування та передачі користувачу інформацію про рівень та температуру теплоносія у корпусі водо-водяних енергетичних атомних реакторів при любых режимах експлуатації, а також для роботи у складі АСУ ТП АЭС.

БПО відноситься до виробів, призначеним для побудови автоматизованих систем контролю, регулювання, діагностики та управління.

БПО є програмованим пристроєм і відноситься до виробів, призначених для побудови автоматизованих систем контролю, регулювання, діагностики та управління; зі змінним складом встановлених модулів в частині зміни обсягу виконуваних функцій.

БПО виконує такі функції:

- прийому сигналів від індикаторів контролю рівня і датчиків температури теплоносія в точках контролю в корпусі реактора;
- виконання розрахунків в реальному масштабі часу;
- видачу сигналізації про наявність / відсутність теплоносія в точках контролю рівня теплоносія в корпусі реактора;
- реєстрацію і зберігання (протягом 4-х діб) виміряної і розрахункової інформації в архіві; зберігання інформації протягом більш тривалого терміну - за погодженням із Замовником;
- передачу цифрової інформації споживачу по Ethernet або інтерфейсу RS 485. Протокол передачі узгоджується між Замовником БПО і постачальником обладнання;
- забезпечення і управління електроживленням індикаторів контролю рівня теплоносія;
- виконання діагностики БПО і індикаторів рівня теплоносія в корпусі реактора.

БПО передає споживачеві наступну інформацію:

- цифрові значення сигналів про наявність / відсутність теплоносія в точках контролю в корпусі реактора;

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						24
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- цифрові значення температури теплоносія в точках контролю в корпусі реактора;
- діагностичні сигнали про технічний стан БПО і індикаторів рівня теплоносія [7].

2.5 Розробка функціональної схеми

Основу БПО становлять програмовані логічні контролери. Схема функціональна блоку БПО представлена на кресленику ІА61.170БАК.005 Э2.

Позначення, які прийняті на кресленику представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Позначення кресленика ІА61.170БАК.005 Э2

Найменування	Опис
X1, X2	вводи фідерів Ф1 і Ф2 електроживлення 220В, 50 Гц
К	контактор ESC427 для перемикання фідерів
X3	вилка УЗНЦ2-4/30РП111 для підключення монтажного комплекту
X4, X5	розетки DB 9 для підключення кручений пари до нижнього рівня ПАМС
X6, X7	розетки ST-SC для підключення волоконної оптичної лінії зв'язку з нижнім рівнем ПАМС
АП1, АП2	автоматичні вимикачі фідерів EZ9F34206, призначені для захисту БПО від перевантажень
БП1, БП2	блоки електроживлення типу SDR 12024 В, призначені для електроживлення модулів ADAM, конвертора струму, світлової сигналізації і термореле
БП3, БП4	керовані блоки електроживлення типу ELG-150-54В нагрівачів датчиків індикації рівня теплоносія

Продовження таблиці 2.1

Найменування	Опис
АРАХ 5580	програмований логічний контролер, призначений для управління блоками вводу / виводу і виконання обробки отриманої інформації для виявлення парогазового об'єму, та видачі сигналів в верхній рівень ПАМС
АРАХ 5343	блок живлення програмованого логічного контролера АРАХ 5580
АРАХ 5045	модуль вводу-виводу дискретних сигналів, призначений для прийому дискретних сигналів діагностики блоків живлення БП1 та БП2, прийому сигналів стану АП1 та АП2 і управління світловою сигналізацією
АРАХ 5028	модуль виведення аналогових сигналів, виконує функцію управління струмом нагрівачів датчиків індикації рівня теплоносія
АРАХ 5018	модуль вводу аналогових сигналів від термопар і від конвертора струму
ADAM 4013	модуль введення аналогового сигналу від термометра опору БДПЗ-Р
ADAM 6541	модуль перетворення сигналів Ethernet в оптичний сигнал
АРАХ 5490	модуль перетворення введення сигналів через RS-485
БР 1	блок резервування типу DR-RDN-20 для блоків живлення БП 1 та БП 2
БР 2	блок резервування типу TRIO-DIODE - 48DC для блоків живлення БП3, БП4
КС	конвертор струму типу RMCA 618D
ТР	термостат внутрішньої температури шафи SK 3110.000
Вентилятор	вентилятор Ritall 3237600

Продовження таблиці 2.1

Найменування	Опис
Аварійна сигналізація	двоколірні індикатори світлодіодні ST22-LRG24 (зелений / червоний)
Монтажний комплект	монтажний комплект у складі: розетка, кабель LOCA – 120 м
ВОЛЗ	волоконно-оптична лінія зв'язку

2.6 Розробка електричної принципової схеми

Електрична принципова схема представлена на креслениках ІА61.170БАК.005 ЭЗ.1 та ІА61.170БАК.005 ЭЗ.2

Позначення, які прийняті на кресленику представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Позначення креслеників ІА61.170БАК.005 ЭЗ.1 та ІА61.170БАК.005 ЭЗ.2

Найменування	Призначення
Скр-1	кросовий з'єднувач термопар БДПЗ-Р з перетворювачем термопар
Скр-2	кросовий з'єднувач
ПА	перетворювач струму (ампер в міліампер)
SVK35	колодки розподілу живлення 220В
R1, R2	шунтуючі резистори (2,2К 0,25) управління БПЗ, БП4
S1, S2	диференціальний вимикач першого і другого фідерів
S3, S4	контактор перемикання фідерів
S5	сигналізатор спрацювання автомата першого фідера
S6	сигналізатор спрацювання автомата другого фідера
VD1, VD9	сигналізатор аварія ТП1 червоний
VD2, VD10	сигналізатор нормальний стан ТП1 зелений

Продовження таблиці 2.2

Найменування	Призначення
VD3, VD11	сигналізатор аварія ТП2 червоний
VD4, VD12	сигналізатор нормальний стан ТП2 зелений
VD5, VD13	сигналізатор аварія ТП3 червоний
VD6, VD14	сигналізатор нормальний стан ТП3 зелений
VD7, VD15	сигналізатор загальна несправність червоний
VD8, VD16	сигналізатор нормальний стан системи зелений
VD17, VD18	сигналізатор загальне харчування зелений
VDF1, VDF2	сигналізатор харчування фідер 1, фідер 2 зелений
XS1, XS2	розетка 220В
ME8111	кінцевик відкриття-закриття дверей
VDS1	освітлення шафи

Додаткові позначення, які присутні на креслениках ІА61.170БАК.005 ЭЗ.1 та ІА61.170БАК.005 ЭЗ.2 представлені у таблиці 2.1.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Постановка завдання для програмного забезпечення

Метою створення АСКРТ є підвищення безпеки реакторів ВВЕР-1000 в режимі нормальної експлуатації за рахунок своєчасного виявлення парогазового об'єму під кришкою реактора, а також контроль рівня теплоносія та контроль перегріву теплоносія в реакторах типу ВВЕР-1000 в аварійному і післяаварійному режимах.

АСКРТ включає наступні функціональні підсистеми:

- підсистема управління ПЛК АРАХ5580;
- підсистема інформаційного обміну;
- підсистема реєстрації даних ;
- підсистема підтримки функціонування програм.

Розглянемо призначення кожної з функціональних підсистем.

Підсистема управління виконує наступні основні функції:

- передача списку, значень, властивостей технологічних параметрів, стану виконуваних завдань, сценаріїв керованих завдань інших модулів програмного забезпечення БПО;
- прийом і обробка команд на зміну списку, значень, властивостей технологічних параметрів, стану виконуваних завдань, сценаріїв керованих завдань від інших модулів програмного забезпечення БПО;
- управління шиною контролера АРАХ5580;
- зчитування поточних значень технологічних параметрів з модулів введення-виведення, підключених до контролера АРАХ5580.

Підсистема інформаційного обміну виконує наступні основні функції:

- прийом поточних даних;
- передача поточних даних програмному забезпеченню сервісного комп'ютера/ноутбука;

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						29
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконання і маршрутизація запитів програмного забезпечення сервісного комп'ютера/ноутбука ;
- передача даних по Modbus;
- передача даних в форматі НІКА.

Підсистема реєстрації даних призначена для виконання наступних функцій:

- прийом поточних даних від підсистеми управління;
- реєстрація даних в архіві БПО.

Підсистема підтримки функціонування програм виконує наступні функції:

- контроль виконання програмного модуля «SkautEditor», відновлення його роботи в разі збоїв;
- допоміжні функції по відновленню роботи програмного забезпечення у випадках відмов.

3.2 Розробка структури програмного забезпечення

Основні функції програмного забезпечення БПО:

- введення сигналів від термопар, що підігріваються через блок АРАХ 5018;
- введення сигналів від термопар, що не підігріваються через блок АРАХ 5018;
- введення сигналів від ТСП (Pt-100) через блок АРАХ 5013 для розрахунку компенсації холодного спаю термопар;
- видача керуючого сигналу на керований блок живлення (БП4, БП5) через блок АРАХ 5028;
- виявлення появи парогазового об'єму по кожній з точок установки підігріваються термопар по висоті;
- виявлення перегріву теплоносія.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						30
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжні функції програмного забезпечення БПО:

- видача інформації зовнішнім системам;
- діагностування працездатності технічних засобів;
- контроль працездатності та діагностування власних технічних і програмних засобів [8].

Програмне забезпечення БПО працює під управлінням операційної системи (ОС) Windows 8.1 Embedded Industrial або вище.

Програмне забезпечення включає в себе пакет «служб» для ПЛК АРАХ 5580 та програмне забезпечення користувача для ПЛК Сервісного ноутбука.

У склад «Служб» програмного забезпечення БПО увійшли:

- «Служба» SkautCore;
- SkautRecorder «Служба»;
- «Служба» SkautWatchDoge;
- «Служба» SkautGate.

У програмному забезпеченні користувача входять:

- програма SkautEditor;
- програма SkautBrowser.

У складі програмного забезпечення БПО з'являється розроблена база даних БПО (РБД) на основі PostgreSQL, яка містить наступну інформацію:

- технологічні параметри БПО;
- сценарії керованих завдань БПО;
- оперативний архів.

Схема програмного забезпечення БПО представлена на рисунку 3.1.

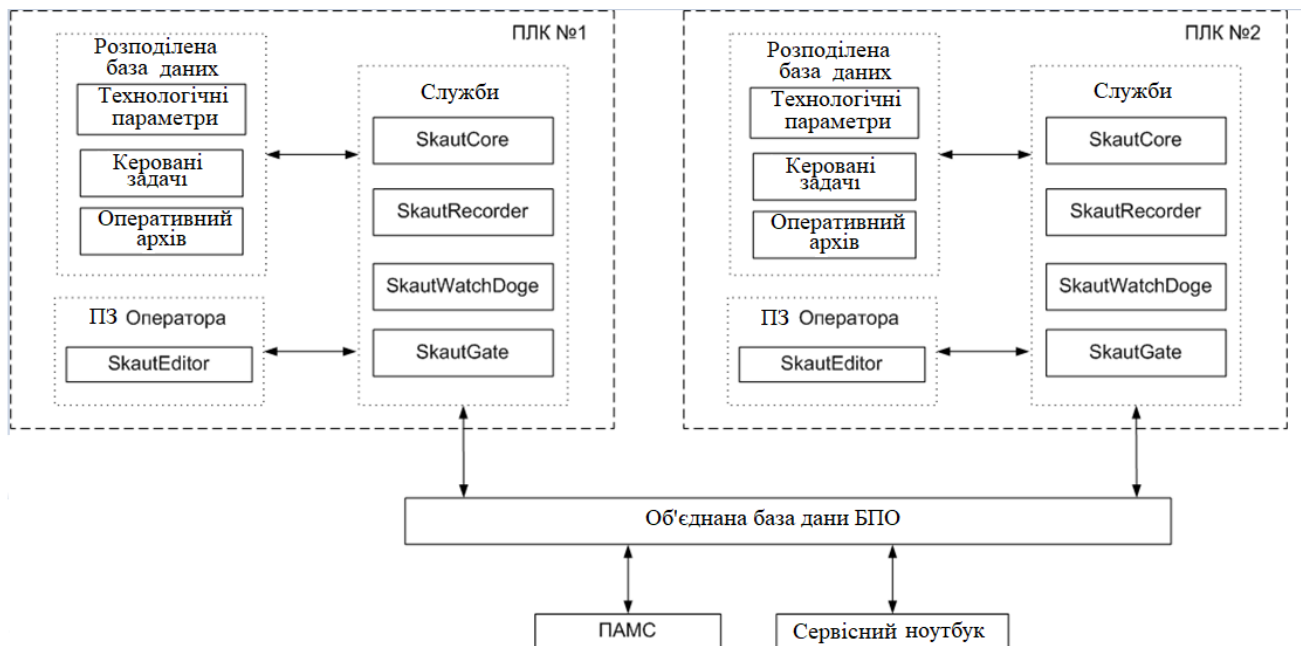


Рисунок 3.1 – Схема програмного забезпечення БПО

Діаграма програмного забезпечення представлена на кресленнику ІА61.170БАК.005 Д1.

4 РОЗРОБКА «СЛУЖБ» ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Опис «служб» програмного забезпечення

«Служби» програмного забезпечення БПО автоматично запускаються при завантаженні операційної системи (ОС), і виконуються незалежно від статусу користувача ОС. Вони призначені для виконання автоматизованих функцій програмного забезпечення БПО.

«Служби» програмного забезпечення БПО не мають прямого взаємодії з користувачем ОС, взаємодія з «службами» здійснюється засобами програмного забезпечення користувача (програми SkautEditor і SkautBrowser). Контроль працездатності «служб» програмного забезпечення БПО виконується засобами ОС.

Користувачеві програмного забезпечення БПО видається інформація про виконувані кожної «службою» завданнях. Інформація про виконувані завдання надається засобами програмного забезпечення користувача (програми SkautEditor і SkautBrowser).

Інформація про виконувані завдання надається в форматі:

- найменування;
- тип;
- опис;
- стан;
- код помилки (0 якщо помилок немає);
- розшифровка коду помилки (ключове слово «НОРМА», якщо помилок немає).

Тип завдання може приймати значення:

- основні завдання - завдання, призначені для обробки та обміну даними;
- допоміжні завдання - завдання, призначені для діагностування і реалізації допоміжних функцій;

- керовані завдання - завдання, призначені для виконання функцій обладнання контролю рівня теплоносія, виконання яких визначається редагованим сценарієм [9].

Редагування сценаріїв керованих завдань і управління їх станом виконується засобами програми SkautEditor.

Стан завдання може приймати значення:

- завдання готується до запуску;
- завдання виконується;
- завдання виконане;
- завдання зупинена через помилки при виконанні.

4.2 «Служба» SkautCore

«Служба» SkautCore призначена для управління та діагностування програмного логічного контролера АРАХ 5580 та шини ПЛК АРАХ 5580.

«Служба» SkautCore формує характеристики продуктивності програмного логічного контролера АРАХ 5580:

- завантаження ЦПУ;
- заповнення жорсткого диску;
- завантаженість ОЗУ;
- стан мережевих карт.

«Служба» SkautCore приймає значення термоопору БДПЗ-Р від блоку ADAM 4013 через блок АРАХ 5490, здійснює перерахунок значень термодатчиків БДПЗ-Р з мВ в ° С згідно ГОСТ Р 8.585-2001.

«Служба» проводить діагностування БПО та формує сигнал виклик до шафи. «Служба» SkautCore здійснює управління блоком живлення нагрівачів БДПЗ-Р.

Список завдань, які виконуються SkautCore, їх найменування, тип, опис і призначення, наведено в Таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Список завдань, які виконуються «службою» SkautCore

Найменування	Тип	Опис	Призначення
NetServer	основна	сервер прийому-передачі даних	передача списку, значень, властивостей технологічних параметрів, стану виконуваних завдань, сценаріїв керованих завдань інших модулів програмного забезпечення БПО; прийом і обробка команд на зміну списку, значень, властивостей технологічних параметрів, стану виконуваних завдань, сценаріїв керованих завдань від інших модулів програмного забезпечення БПО
APAXControl	основна	управління шиною контролера APAX 5580	зчитування поточних значень технологічних параметрів з модулів введення-виведення, підключених до контролера APAX 5580; установка керуючих значень каналах модулів введення-виведення, підключених до контролера APAX 5580

Продовження таблиці 4.1

Найменування	Тип	Опис	Призначення
DiagnАрах	допоміжна	діагностування продуктивності АРАХ 5580	формування таких характеристик продуктивності АРАХ 5580: завантаження ЦПУ; заповнення жорсткого диска; завантаженість ОЗП; стан мережевих карт
ТС	допоміжна	прийом значення термоопору БДПЗ-Р	прийом значення термоопору БДПЗ-Р від блоку ADAM 4013 через блок АРАХ 5490, передача прийнятого значення резервному ПЛК
LControl1	керована	контроль рівня теплоносія по точці 1	контроль рівня теплоносія в позначці 29.01
LControl2	керована	контроль рівня теплоносія по точці 2	контроль рівня теплоносія в позначці 26.12
LStatus	керована	управління завданнями LControl	Керує завданнями LControl1, LControl2, LControl3; зупиняє контроль рівня теплоносія, якщо відсутня харчування на лінії нагрівача; забезпечує затримку контролю рівня теплоносія при подачі живлення на нагрівач

4.3 «Служба» SkautGate

«Служба» SkautGate призначена для інформаційного обміну БПО з ПАМС верхнього рівня по протоколу Modbus.

«Служба» SkautGate передає поточні дані програмного забезпечення, виконую запити програмного забезпечення.

«Служба» SkautGate передає поточні дані значення технологічних параметрів на верхній рівень ПАМС по інтерфейсу RS-485.

Список завдань, які виконуються SkautGate, їх найменування, тип, опис і призначення, наведено в Таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Список завдань, які виконуються «службою» SkautGate

Найменування	Тип	Опис	Призначення
DataGate	основна	прийом поточних даних	об'єднання розподілених баз даних з ПЛК, що входять до складу БПО, в об'єднану базу даних і поточних значень технологічних параметрів
NetGate	основна	шлюз передачі даних	передача поточних даних програмного забезпечення; виконання і маршрутизація запитів програмного забезпечення, встановленого на сервісному ноутбукі
ModbusDT	основна	передача даних по Modbus	передача поточних значень параметрів на верхній рівень ПАМС по інтерфейсу RS-485

Продовження таблиці 4.2

Найменування	Тип	Опис	Призначення
HikaDT	основна	передача даних у форматі НІКА	передача поточних значень технологічних параметрів БПО на верхній рівень ПАМС по інтерфейсу UDP

4.4 «Служба» SkautRecorder

«Служба» SkautRecorder призначена для реєстрації поточних значень технологічних параметрів в оперативному архіві.

Список завдань, які виконуються «службою» SkautRecorder, їх найменування, тип, опис і призначення, наведено в Таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Список завдань, які виконуються «службою» SkautRecorder

Найменування	Тип	Опис	Призначення
DataReceive	основна	прийом поточних даних	прийом поточних значень технологічних параметрів від модуля SkautCore
ArchRecord	основна	реєстрація даних в архіві	запис поточних значень технологічних параметрів в оперативний архів БПО

4.5 «Служба» SkautWatchDoge

«Служба» SkautWatchDoge призначена для підтримки функціонування програм програмного забезпечення БПО.

«Служба» SkautWatchDoge виконує функції:

- контролю виконання програмного модуля SkautEditor, відновлення його роботи в разі збоїв;
- допоміжні функції по відновленню роботи програмного забезпечення у випадках відмов.

4.6 Розробка розподіленої бази даних

Розподілена база даних БПО (РБД) являє собою Систему управління базами даних (СКБД) PostgreSQL, встановлену на кожен програмний логічних контролер в складі БПО, яка містить:

- перелік і властивості технологічних параметрів;
- перелік і сценарії керованих завдань;
- оперативний архів БПО.

Засобами PostgreSQL в РБД автоматично формуються:

- довгостроковий архів БПО;
- журнал реєстрації дій персоналу.

Журнал реєстрації дій персоналу призначений для зберігання інформації про дії персоналу, які фіксують зміни:

- таблиці технологічних параметрів (список, настройки);
- поточних значень технологічних параметрів (команди управління);
- таблиці керованих завдань (сценарії, стан).

У Журнал реєстрації дій персоналу вноситься:

- час вчинення дії;

- ім'я користувача;
- дія, виконане користувачем, в форматі, який дозволяє здійснити скасування дії.

Перелік та властивості технологічних параметрів розподіленої бази даних БПО приведені у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Технологічні параметри розподіленої бази даних БПО

Ідентифікатор	Опис	Од. вим.
ALG_RES	режим роботи алгоритму контролю рівня	од.
ALG_TIMER	затримка роботи алгоритму контролю рівня	сек.
ASKUT1_DGA5018_1	діагностичний сигнал модуля APAX5018 ПЛК №1	так/ні
ASKUT1_DGA5028_1	діагностичний сигнал модуля APAX5028 ПЛК №1	так/ні
ASKUT1_DGA5045_1	діагностичний сигнал модуля APAX5045 ПЛК №1	так/ні
ASKUT1_DGA5490_1	діагностичний сигнал модуля APAX5490 ПЛК №1	так/ні
ASKUT1_DGA5580_1	діагностичний сигнал контролера APAX5580 №1	так/ні
ASKUT1_DGBP01	порушення в роботі БП1-24	так/ні
ASKUT1_DGBP02	порушення в роботі БП2-24	так/ні
ASKUT1_DGT01	порушення в роботі ТП1 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGT01N	порушення в роботі ТПн1 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGT02	порушення в роботі ТП2 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGT02N	порушення в роботі ТПн2 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGT03	порушення в роботі ТП3 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGT03N	порушення в роботі ТПн3 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGTC	порушення в роботі ТО БДПЗ-Р	°С
ASKUT1_DT1	порушення в роботі на позначці 29.01	так/ні
ASKUT1_DT2	різниця температур на позначці 26.21	°С
ASKUT1_DT3	різниця температур на позначці 23.56	°С
HLA_1	температура холодного спаю БДПЗ-Р	°С
YC00TPS1	значення температури ТП1 БДПЗ-Р	°С
YC00TPS2	значення температури ТП2 БДПЗ-Р	°С
YC00TA01	значення температури ТП3 БДПЗ-Р	°С

Продовження таблиці 4.4

Ідентифікатор	Опис	Од. вим.
YC00TPIU1	значення температури ТПн1 БДПЗ-Р	°С
YC00TPIU2	значення температури ТПн2 БДПЗ-Р	°С
YC00TPIU3	значення температури ТПн3 БДПЗ-Р	°С
BLINKER2_G	індикатор «Рівень 2» зелений	так/ні
BLINKER2_R	індикатор «Рівень 2» червоний	так/ні
BLINKER3_G	індикатор «Рівень 3» зелений	так/ні
DG00ERRLED_G	індикатор «Виклик до шафи»	так/ні
DG00ERRLED_R	індикатор «Виклик до шафи» червоний	так/ні
DG00FD01	основний фідер в роботі	так/ні
DG00FR01	резервний фідер в роботі	так/ні
DG00NET1_1	порушення лінії внутрішнього зв'язку БПО ПЛК №1	так/ні
DG00NET2_1	порушення лінії зв'язку зовнішніми системами ПЛК №1	так/ні
DG00RAMUSAGE_1	використання фіз. ОЗП ПЛК АРАХ5580 №1	%
TEST1	налагоджувальний параметр №1	°С
TEST2	налагоджувальний параметр №2	°С
TEST3	налагоджувальний параметр №3	float
YC00L11	рівень теплоносія нижче позначки 29.01	так/ні
YC00L12	рівень теплоносія нижче позначки 26.21	так/ні
YC00L13	рівень теплоносія нижче позначки 23.56	так/ні
YC00TP1S	аналоговий сигнал ТП1	мВ
YC00TP2S	аналоговий сигнал ТП2	мВ
YC00TP3S	аналоговий сигнал ТП3	мВ
YC00TPN1S	аналоговий сигнал ТПн1	мВ
YC00TPN2S	аналоговий сигнал ТПн2	мВ
YC00TPN3S	аналоговий сигнал ТПн3	мВ

Перелік керованих задач розподіленої бази даних БПО з описом принципу роботи наведено у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Керовані задачі розподіленої бази даних БПО

Найменування	Принцип роботи керованої завдання
BPU_OUT	здійснює подачу струму на нагрівач БДПЗ-Р (параметр BPU_CMD) і контролює працездатність лінії нагрівача по напрузі на лінії (параметр BPU_CUR)
Diagn	контролює діагностичні ознаки компонент БПО, формує сигнал «Виклик до шафи»
ControlL1	формує сигнал про наявність / відсутність теплоносія в точці 1 (параметр YC00L11)
ControlL2	формує сигнал про наявність / відсутність теплоносія в точці 2 (параметр YC00L12)
ControlL3	формує сигнал про наявність / відсутність теплоносія в точці 3 (параметр YC00L13)
LStatus	керує завданнями LControl1, LControl2, LControl3. Зупиняє контроль рівня теплоносія в разі відсутності харчування на лінії нагрівача (параметр BPU_VAL); забезпечує затримку контролю рівня теплоносія при подачі живлення на нагрівач
TOkut	виконує розрахунок значень температур (параметри YC00TPIU1, YC00TPIU2, YC00TPIU3, YC00TPS1, YC00TPS2, YC00TA) за допомогою перерахунку сигналів термопар БДПЗ-Р з мілівольтах в градуси з урахуванням температури холодного спаю (параметр HLA_1)
TStatus	контролює обрив і КЗ термопар БДПЗ-Р, формує відповідні діагностичні ознаки (ASKUT1_DGT01, ASKUT1_DGT02, ASKUT1_DGT03, ASKUT1_DGT01N, ASKUT1_DGT02N, ASKUT1_DGT03N)

Приклади відеокадрів розподіленої бази даних БПО представлені нижче. На рисунку 4.1 представлено вікно відеокадру «Сигнали БДПЗ-Р». Відеокадр «Діагностика БПО» представлений на рисунку 4.2.

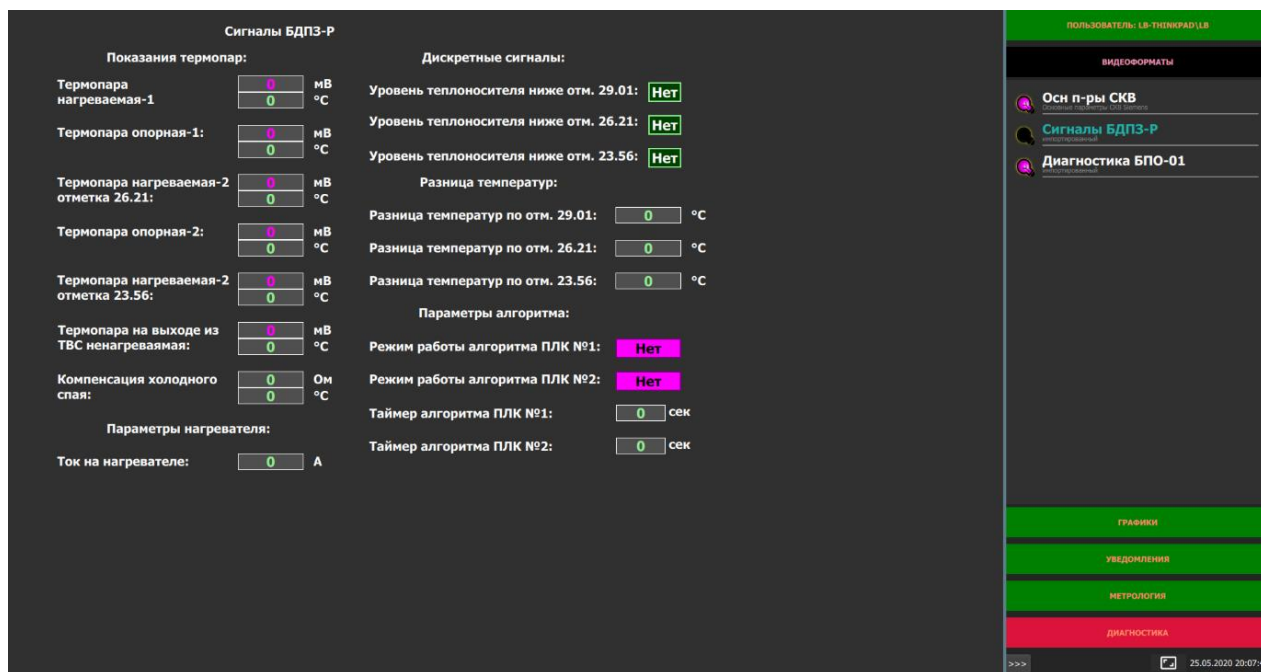


Рисунок 4.1 – Вікно відеокадру «Сигнали БДПЗ-Р»



Рисунок 4.2 – Вікно відеокадру «Діагностика БПО»

5 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОРИСТУВАЧА

5.1 Розробка АРМ оператора

Програмне забезпечення користувача є об'єктом захисту від несанкціонованого доступу і несанкціонованих дій персоналу.

Захист від несанкціонованих дій персоналу забезпечується системою ролей користувача програмного забезпечення БПО з різними правами:

- роль «Системний програміст» володіє правами доступу до файлової системи.
- роль «Оператор-програміст» володіє правами на редагування інформації та налаштувань засобами програмних модулів програмного забезпечення БПО, але не має доступу до файлової системи.
- роль «Оператор» володіє правами на перегляд інформації, але не має прав на редагування інформації та налаштувань, а також не має доступу до файлової системи.

Ідентифікація ролі користувачів в програмне забезпечення БПО проводиться за коштами Windows аутіфікації відповідно до приналежності користувача до груп користувачів Windows.

Належність користувача до групи «Users» відповідає ролі «Оператор». Належність користувача до групи «Power Users» відповідає ролі «Оператор-програміст». Належність користувача до групи «Administrators» відповідає ролі «Системний програміст».

Для прив'язки групи користувача до ролі використовується sid (security identifier) групи, що забезпечує незалежність прив'язки від мовних налаштувань ОС. Користувач, якому призначена роль «Системний програміст», може додавати нових користувачів засобами ОС і призначати їм ролі.

Захист від несанкціонованого доступу персоналу до файлової системи програмного логічного контролера АРАХ 5580 здійснюється за допомогою запуску програмного забезпечення Оператора в режимі «Kiosk».

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						44
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Запуск програмного забезпечення Оператора в режимі «Kiosk» реалізований наступним чином:

- для користувачів «Оператор» і «Оператор-програміст» при вході в операційну систему ПЛК АРАХ 5580 виконується завантаження програми SkautEditor замість «робочого столу».
- заблокована можливість закриття програми SkautEditor, в разі його відмови виконується автоматичний перезапуск програми «службою» SkautWatchDoge.
- заблокований виклик «Диспетчера завдань», заблоковані клавіші «Win», «Alt», «Del», «F4», «F10».
- Заблоковано підключення флеш-накопичувачів.

Зміна користувача ОС виконується засобами програми SkautEditor, ця функція доступна тільки користувачеві «Системний програміст».

Зміни списку технологічних параметрів, налаштувань технологічних параметрів і сценаріїв керованих завдань автоматично реєструються в Журналі реєстрації дій персоналу.

5.2 Розробка програмних модулів

5.2.1 Програмний модуль SkautBrowser

Програма SkautBrowser яка дає змогу відтворювати поточні дані обробляються БПО, у вигляді редагованих відеокадрів.

Запуск програми SkautBrowser здійснюється за допомогою подвійного кліка «мишею» на відповідний ярлик на робочому столі сервісного ноутбука.

Для БПО розроблені наступні відеокадри:

- відеокадр «Діагностика БПО»;
- відеокадр «Сигнали БДПЗ-Р».

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						45
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Зображення відеокадру «Діагностика БПО» наведено у розділі 4.6 на рисунку 4.1.

Зображення відеокадру «Сигнали БДПЗ-Р» наведено у розділі 4.6 на рисунку 4.2.

5.2.2 Програмний модуль SkautEditor

Програма SkautEditor призначена для перегляду і редагування Інформаційної бази даних (ІБД) БПО в частині переліку параметрів і текстів редагованих алгоритмів.

Для підключення програми SkautEditor до джерела даних необхідно натиснути кнопку «ВХІД» і в діалоговому вікні вказати:

- IP адреса джерела даних;
- ім'я користувача, якому призначена роль «Оператор-програміст»;
- пароль «Оператора-програміста».

Зображення діалогового вікна SkautEditor для підключення до джерела даних наведено на рисунку 5.3.

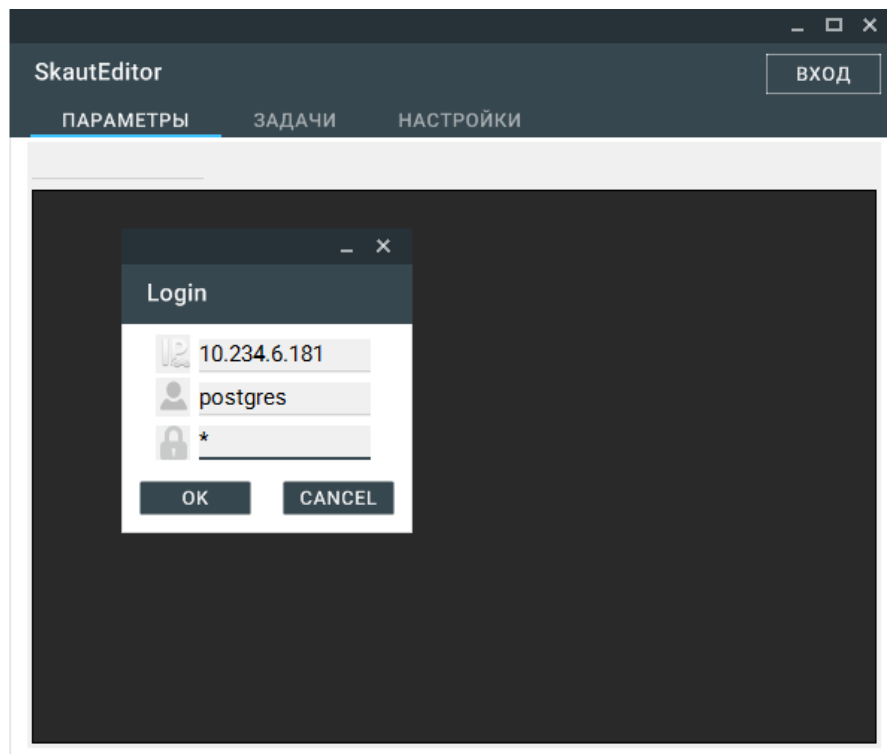


Рисунок 5.3 – Зображення діалогового вікна SkautEditor для підключення до джерела даних

Якщо обраний джерело даних недоступний або IP адреса вказана невірно, буде видано повідомлення про помилку - «Невірний IP адреса чи ні доступу до пристрою».

Якщо ім'я користувача або пароль задані невірно, буде видано повідомлення про помилку - «Неправильне ім'я користувача або пароль. Повторіть введення».

Якщо IP адреса джерела даних, ім'я користувача і пароль задані вірно, то SkautEditor буде відображати перелік параметрів пристрою і їх поточні значення, а також тексти редагуються алгоритмів і їх стан.

Перелік параметрів пристрою і їх поточні значення відображаються на вкладці «Параметри». Зображення вікна SkautEditor з активною вкладкою «Параметри» наведено на рисунку 5.4.

SkautEditor											
ПАРАМЕТРЫ ЗАДАЧИ НАСТРОЙКИ											
Идентификатор	Описание	Значение	Ед.Изм.	Адрес	Тип	НПГ	НАГ	НВГ	ВПГ	ВАГ	ВВГ
ALG_RES	Режим работы алгоритма контроля уровня	2.00	Ед.	Local	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALG_TIMER	Задержка работы алгоритма контроля уровня	300.00	сек	Local	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGA5018_1	Диагностический сигнал модуля APAX5018 ПЛК №1	0.00	Да/Нет	0:5018:DG	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGA5028_1	Диагностический сигнал модуля APAX5028 ПЛК №1	0.00	Да/Нет	6:5028:DG	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGA5045_1	Диагностический сигнал модуля APAX5045 ПЛК №1	0.00	Да/Нет	8:5045:DG	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGA5490_1	Диагностический сигнал модуля APAX5490 ПЛК №1	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGA5580_1	Диагностический сигнал контроллера APAX5580 №1	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGBP01	Нарушение в работе БП1-24	1.00	Да/Нет	8:5045:0	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGBP02	Нарушение в работе БП2-24	1.00	Да/Нет	8:5045:1	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT01	Нарушения в работе ТП1 БДПЗ-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT01N	Нарушения в работе ТПн1 БДПЗ-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT02	Нарушения в работе ТП2 БДПЗ-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT02N	Нарушения в работе ТПн2 БДПЗ-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT03	Нарушения в работе ТП3 БДПЗ-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT03N	Нарушения в работе ТПн3 БДПЗ-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGTC	Нарушения в работе ТО БДПЗ-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER1_G	Индикатор "Уровень 1" зеленый	1.00	Да/Нет	8:5045:16	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER1_R	Индикатор "Уровень 1" красный	1.00	Да/Нет	8:5045:12	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER2_G	Индикатор "Уровень 2" зеленый	1.00	Да/Нет	8:5045:17	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER2_R	Индикатор "Уровень 2" красный	1.00	Да/Нет	8:5045:13	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER3_G	Индикатор "Уровень 3" зеленый	1.00	Да/Нет	8:5045:18	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER3_R	Индикатор "Уровень 3" красный	1.00	Да/Нет	8:5045:14	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BPU_CMD1	Управляющий сигнал на БП нагревателя ПЛК №1	0.00	В	14:5028:0	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BPU_CUR	Напряжение на нагревателе подогреваемых термопар	4.08	мВ	0:5018:6	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00BP01_L	Блок питания БП1-24В в работе, логический	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00BP02_L	Блок питания БП2-24В в работе, логический	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Рисунок 5.4 – Зображення вікна SkautEditor з активною вкладкою «Параметри»

Технічні параметри розподіленої бази даних відображаються в наступному форматі:

- ідентифікатор параметра;
- опис - розшифровка ідентифікатора;
- поточне значення параметра, колір фону відповідає поточному стану параметра;
- одиниці виміру значення параметра;
- адреса параметра на шині даних, для параметрів, які пов'язані з шиною даних, вказується значення «Local»;
- тип параметра, А відповідає аналоговому параметру, D - дискретного параметру;
- нижня регламентна межа;

- нижня аварійна межа;
- нижня можлива межа;
- верхня регламентна межа;
- верхня аварійна межа;
- верхня можлива межа.

5.3 Усунення несправностей БПО

Втручання в роботу БПО допускається в разі виникнення несправностей, а саме – на передній панелі БПО світиться індикатор «Виклик до шафи».

При необхідності втручання в роботу БПО, необхідно викликати відеокадр «Діагностика БПО» на моніторі сервісного ноутбука. Для виклику треба виконати наступні дії:

- підключити сервісний ноутбук до БПО;
- запустити додаток SkautBrowser;
- на вкладці «Відеокадри» натиснути кнопку «Діагностика БПО».

Вікно програмного модулю SkautBrowser зображено на рисунку 5.5.

					IA61.170БАК.005 ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

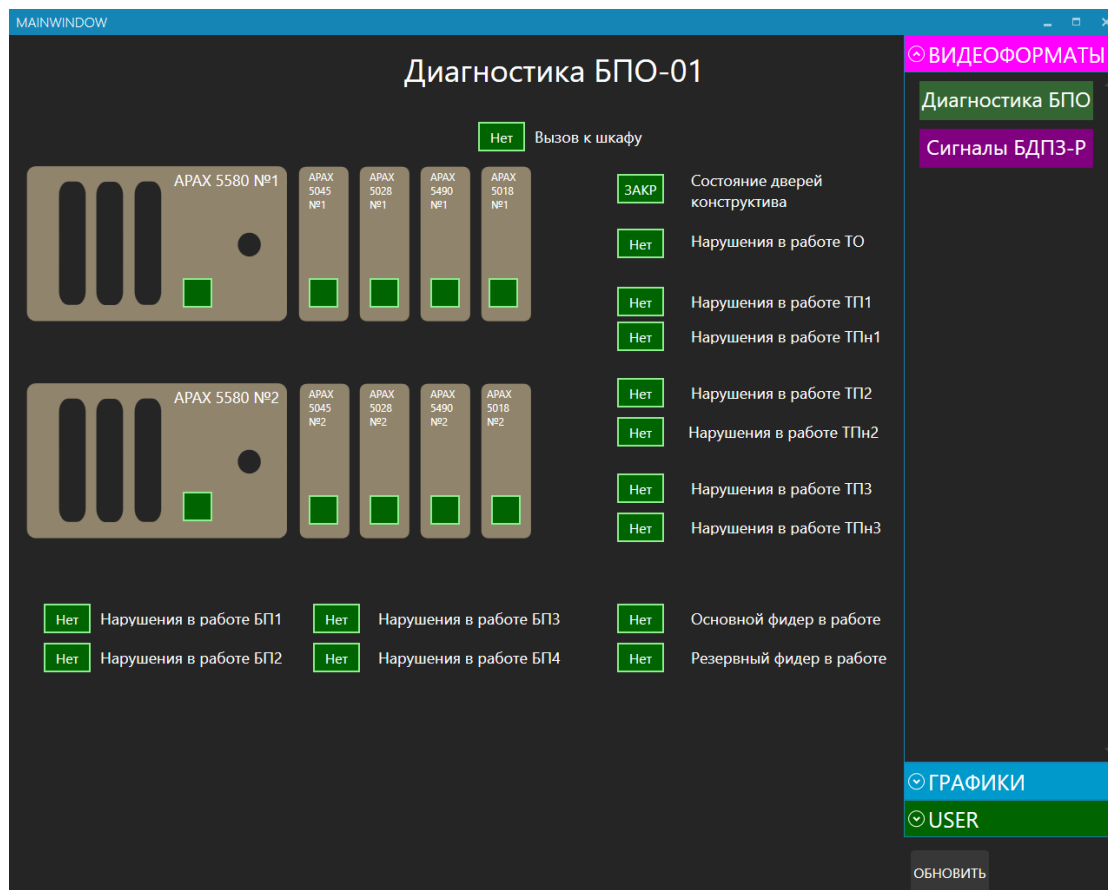


Рисунок 5.5 – Вікно програмного модулю SkautBrowser

Ідентифікатори параметрів відеокадру «Діагностика БПО», їх опис та одиниці виміру приведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Перелік параметрів відеокادر «Діагностика БПО»

Ідентифікатор	Опис	Од.вим.
ASKUT1_DGA5018_1	Діагностичний сигнал модуля APAX5018 ПЛК №1	так/ні
ASKUT1_DGA5028_1	Діагностичний сигнал модуля APAX5028 ПЛК №1	так/ні
ASKUT1_DGA5045_1	Діагностичний сигнал модуля APAX5045 ПЛК №1	так/ні
ASKUT1_DGA5490_1	Діагностичний сигнал модуля APAX5490 ПЛК №1	так/ні
ASKUT1_DGA5580_1	Діагностичний сигнал контролера APAX5580 №1	так/ні
ASKUT1_DGA5018_2	Діагностичний сигнал модуля APAX5018 ПЛК №2	так/ні
ASKUT1_DGA5028_2	Діагностичний сигнал модуля APAX5028 ПЛК №2	так/ні
ASKUT1_DGA5045_2	Діагностичний сигнал модуля APAX5045 ПЛК №2	так/ні

Продовження таблиці 5.1

Ідентифікатор	Опис	Од.вим.
ASKUT1_DGA5490_2	Діагностичний сигнал модуля АРАХ5435 ПЛК №2	так/ні
ASKUT1_DGA5580_2	Діагностичний сигнал контролера АРАХ5580 №2	так/ні
ASKUT1_DGT01	Порушення у роботі ТП1 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGT01N	Порушення у роботі ТПн1 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGT02	Порушення у роботі ТП2 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGT02N	Порушення у роботі ТПн2 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGT03	Порушення у роботі ТП3 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGT03N	Порушення у роботі ТПн3 БДПЗ-Р	так/ні
ASKUT1_DGTC	Порушення у роботі ТО БДПЗ-Р	так/ні
DG00BP01_L	Блок живлення БП1-24В у роботі, логічний	так/ні
DG00BP02_L	Блок живлення БП2-24В у роботі, логічний	так/ні
DG00BP03_L	Блок живлення БП3-54 у роботі	так/ні
DG00BP04_L	Порушення у роботі БП4-54	так/ні
DG00FD01	Основний фідер у роботі	так/ні
DG00FR01	Резервний фідер у роботі	так/ні
DG00DOOR_L	Стан дверей конструктиву, логічний	так/ні
DG00ERRLED_R	Індикатор "Виклик до шафи" червоний	так/ні

5.4 Зупинка програмного забезпечення

Зупинка завдань контролю рівня теплоносія виконується засобами програми SkautEditor. Зображення основного вікна програми SkautEditor наведено на рисунку 5.6.

SkautEditor												
ПАРАМЕТРЫ ЗАДАЧИ НАСТРОЙКИ												
Идентификатор	А	Описание	Значение	Ед. Изм.	Адрес	Тип	НПГ	НАГ	НВГ	ВРГ	ВАГ	ВВГ
ALG_RES		Режим работы алгоритма контроля уровня	2.00	Ед.	Local	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ALG_TIMER		Задержка работы алгоритма контроля уровня	300.00	сек	Local	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGA5018_1		Диагностический сигнал модуля АРАХ5018 ППК №1	0.00	Да/Нет	0.5018.DG	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGA5028_1		Диагностический сигнал модуля АРАХ5028 ППК №1	0.00	Да/Нет	6.5028.DG	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGA5045_1		Диагностический сигнал модуля АРАХ5045 ППК №1	0.00	Да/Нет	8.5045.DG	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGA5490_1		Диагностический сигнал модуля АРАХ5490 ППК №1	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGA5580_1		Диагностический сигнал контроллера АРАХ5580 №1	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGBP01		Нарушение в работе БП1-24	1.00	Да/Нет	8.5045.0	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGBP02		Нарушение в работе БП2-24	1.00	Да/Нет	8.5045.1	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT01		Нарушения в работе ТП1 БДП3-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT01N		Нарушения в работе ТП1 БДП3-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT02		Нарушения в работе ТП2 БДП3-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT02N		Нарушения в работе ТП2 БДП3-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT03		Нарушения в работе ТП3 БДП3-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGT03N		Нарушения в работе ТП3 БДП3-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ASKUT1_DGTC		Нарушения в работе ТО БДП3-Р	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER1_G		Индикатор "Уровень 1" зеленый	1.00	Да/Нет	8.5045.16	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER1_R		Индикатор "Уровень 1" красный	1.00	Да/Нет	8.5045.12	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER2_G		Индикатор "Уровень 2" зеленый	1.00	Да/Нет	8.5045.17	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER2_R		Индикатор "Уровень 2" красный	1.00	Да/Нет	8.5045.13	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER3_G		Индикатор "Уровень 3" зеленый	1.00	Да/Нет	8.5045.18	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BLINKER3_R		Индикатор "Уровень 3" красный	1.00	Да/Нет	8.5045.14	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BPV_CMD1		Управляющий сигнал на БП нагревателя ППК №1	0.00	В	14.5028.0	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BPV_CUR		Напряжение на нагревателе подогреваемых термолар	4.08	мВ	0.5018.6	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00BP01_L		Блок питания БП1-24В в работе, логический	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00BP02_L		Блок питания БП2-24В в работе, логический	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00BP03_L		Блок питания БП3-54 в работе	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00CPULOAD_1		Загрузка ЦПУ ППК АРАХ 5580 №1	25.00	%	Local	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00DISKFREE_1		Свободное место на системном диске ППК АРАХ5580 №1	5376.10	МБ	Local	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00DOOR		Состояние дверей конструктива	0.00	Да/Нет	8.5045.5	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00DOOR_L		Состояние дверей конструктива, логический	1.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00ERLED_G		Индикатор "Вызов к шкафу" - зеленый	0.00	Да/Нет	8.5045.19	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00ERLED_R		Индикатор "Вызов к шкафу" - красный	1.00	Да/Нет	8.5045.15	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00F001		Основной фидер в работе	0.00	Да/Нет	8.5045.3	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00F001		Резервный фидер в работе	0.00	Да/Нет	8.5045.4	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00NET1_1		Нарушение линии внутренней связи БПО ППК №1	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00NET2_1		Нарушение линии связи внешнего системного ППК №1	0.00	Да/Нет	Local	D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DG00RAMUSAGE_1		Использование фаз. ОЗУ ППК АРАХ5580 №1	71.00	%	Local	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NLA_1		Температура холодного спада БДП3-Р	149.30	°C	Local	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LZTP1_CMD		Сигнал логического нуля ТП1	0.03	мВ	6.5028.4	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LZTP2_CMD		Сигнал логического нуля ТП2	0.03	мВ	6.5028.5	A	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Рисунок 5.6 – Основне вікно програмного модулю SkautEditor

Зупинка завдань контролю рівня теплоносія доступна користувачам, яким призначено роль «Оператор-програміст» або вище.

Для зупинки завдань контролю рівня теплоносія необхідно:

- у програмі SkautEditor натиснути кнопку «Змінити користувача», у вікні авторизації ввести коректні дані для авторизації користувача, якому призначена роль «Оператор-програміст»;
- перейти на вкладку «Задачі»;
- у списку завдань вибрати завдання «LControl1» (натиснути лівою кнопкою миші по найменуванню завдання) і натиснути кнопку «Зупинити»;
- повторити для задач «LControl2», «LControl3».

Для відновлення завдань контролю рівня теплоносія необхідно послідовно вибрати задачі «LControl1», «LControl2», «LControl3» і натиснути кнопку «Запустити».

Переконалися, що колірний індикатор навпроти завдань «LControl1», «LControl2», «LControl3» стає зеленим.

5.5 Повна зупинка програмного забезпечення

Повна зупинка програмного забезпечення виконується шляхом виклику функції операційної системи «Завершення роботи» на ПЛК.

Функція «Завершення роботи» доступна користувачам, яким призначено роль «Системний програміст».

Для виклику функції «Завершення роботи» необхідно:

- а) підключити монітор і пристрої введення до ПЛК;
- б) у програмі SkautEditor, яка виконується на ПЛК в режимі «Kiosk», ввести коректні дані для авторизації користувача, якому призначена роль «Системний програміст»;
- в) у вкладці спеціальних дій вибрати дію «Завершення сеансу».

6 РОЗРОБКА СЦЕНАРІЇВ КЕРОВАНИХ ЗАДАЧ

6.1 Розрахунок температури в першому контурі

Температура у першому контурі визначається системою АСКРТ за значеннями, що надходять від БДПЗ-Р та ПКБ. Значення БДПЗ-Р надходять у вигляді мілівольтового сигналу, а значення ПКБ – у вигляді омового сигналу. Ці сигнали необхідно об'єднати у єдиний температурний сигнал. Для цього спочатку необхідно перевести в градуси сигнал від ПКБ – компенсацію холодного спаю [10-11].

ПКБ, що використовуються у АСКРТ, є платиновими термометрами опору з температурним коефіцієнтом опору $\alpha=0,00385$ Ом/°С. Для таких термометрів опору, в межах температури 0 °С - 850 °С, опір зв'язаний з температурою за наступною формулою:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + At + Bt^2), \quad (6.1)$$

де R_t – опір термометра опору, Ом, при температурі t , °С,

R_0 – номінальний опір термометра опору, Ом, при температурі 0 °С.

Значення констант відповідає типу термометра опору:

$$A = 3,09083 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

Опір R_0 відомий і відповідає моделі ПКБ. Для використаного ПКБ він становить 100 Ом. Для визначення t за відомим R_t потрібно вирішити отримане квадратне рівняння:

$$t = \frac{-A \pm \sqrt{A^2 - 4B \left(1 - \frac{R_t}{R_0}\right)}}{2B}. \quad (6.2)$$

Оскільки від'ємний корінь лежить поза розглядуваними межами (константа A має додатній знак), його можна відкинути. R_t завжди більше ніж R_0 , отже

рівняння завжди буде мати додатній корінь. Отримана формула для розрахунку температури:

$$t = \frac{-A + \sqrt{A^2 - 4B \left(1 - \frac{R_t}{R_0}\right)}}{2B}. \quad (6.3)$$

Обрахувавши температуру холодного спаю, можна переходити до обрахування значення температури першого контуру. Спочатку необхідно обрахувати поправку на значення мілівольтового сигналу U_{hs} , що відповідає компенсації температури холодного спаю:

$$U_{hs} = (t \cdot A_{hs} + B_{hs}) \cdot t + C_{hs}. \quad (6.4)$$

Значення констант:

$$A_{hs} = 6,5625 \cdot 10^{-6} \frac{mB}{^{\circ}C^2};$$

$$B_{hs} = 0,040425 \frac{mB}{^{\circ}C};$$

$$C_{hs} = -0,013125 \text{ В}.$$

Отримане значення компенсації додається до значення сигналу ДВРТ:

$$U = U_{hs} + TS, \quad (6.5)$$

де U – сигнал від термопар, мВ, з урахуванням холодного спаю;

TS – сигнал від термопар, мВ, без урахування холодного спаю.

Значення температури, що відповідає мілівольтовому сигналу U , обчислюється за формулою:

$$T = A_1 \cdot U^3 + B_1 \cdot U^2 + C_1 \cdot U + D_1 + dT. \quad (6.6)$$

Коефіцієнти A_1 , B_1 , C_1 , D_1 , залежать як від типу термопар, так і від значення сигналу U . Всього для БДПЗ-Р існують 5 наборів коефіцієнтів. Змінна dT відповідає коефіцієнту тарировки, що встановлюється при проведенні процедури тарировки. Алгоритм розрахунку температури БДПЗ-Р написаний таким чином, що dT автоматично відкидається при переході системи у режим тарировки [12-13].

					IA61.170БАК.005 ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Алгоритми контролю рівня теплоносія

Принцип роботи системи, що розробляється, полягає в тому, що тепловіддача у воді більша, ніж у повітрі. Струм обігріву «гарячого» БДПЗ-Р підбирається таким чином, щоб забезпечити теплову рівновагу з теплоносієм і підтримувати постійну різницю між температурами «холодного» та «гарячого» БДПЗ-Р близько 30-40 град. С. При зниженні рівня теплоносія середовище, що обмінюється теплом з «гарячим» БДПЗ-Р, змінюється на повітря, тепловіддача зменшується, і температура «гарячого» БДПЗ-Р починає зростати. Це зростання температури фіксується алгоритмом контролю рівня теплоносія (далі – «алгоритм»), і вводится сигналізація на БЩК та РЩК.

Алгоритм був розроблений спільно з фізиками-технологами. Алгоритм аналізує різницю між температурами «гарячого» БДПЗ-Р і опорної температури. Критеріями, за якими зводиться сигналізація, були обрані критичне значення похідної різниці температури за проміжок часу T_1 , а також критичне значення другої похідної на проміжку часу T_2 . Інтервали T_1 і T_2 , а також величини струму обігріву обираються індивідуально для кожного з БДПЗ-Р, виходячи з їх посадки (щільності контакту з верхньою кришкою).

Також алгоритм містить машину станів, яка автоматично виключає розрахунок при проведенні техобслуговування АСКРТ, дає затримку у 5 хвилин при зміні режиму роботи системи (ця затримка необхідна для того, щоб «гарячий» БДПЗ-Р розігрівся, величина затримки прописана у технічному завданні на систему), а також призупиняє розрахунок у тих випадках, коли такий розрахунок неможливий за технічних причин (аварій). Машина станів приведена на рисунку 6.1.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						56
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 6.1 – Стани роботи машини

Наведено перелік станів роботи машини:

- а) «Перезапуск». У момент перезапуску алгоритму обнуляються масиви даних, накопичені алгоритмом при роботі, значення критеріїв, і так само знімається сигналізація в тому випадку, якщо вона була включена. У режимі перезапуску алгоритм знаходиться 17 секунд, після чого автоматично переходить в режим «робота». Протягом цього часу алгоритм накопичує масиви даних, необхідних для розрахунку. Примусово (у ручному режимі) можна перевести алгоритм в режим «примусова зупинка».
- б) «Робота». У цьому режимі алгоритм обробляє значення різниці температур, вмикаючи сигналізацію при перевищенні уставок. З режиму «робота» алгоритм може автоматично перейти в режим «зупинка», або примусово (в ручному режимі) в режими «перезапуск» або «примусова зупинка».

в) «Зупинка». У цьому режимі алгоритм не обробляє дані. Алгоритм автоматично переходить в режим «зупинка», якщо:

- система не перебуває в режимах «Контроль за БДПЗ-Р -1», «Контроль за БДПЗ-Р -2»;
- відсутні зворотні сигнали БЖК (BPU1A_S, BPU2A_S), відповідні встановленим режимам системи (у випадку дистанційного режиму роботи блоків живлення);
- два датчика з трьох, які входять до складу системи (БДПЗ-Р1, БДПЗ-Р2, ПТ АСКРТ), знаходяться в непрацездатному стані.

З режиму «зупинка» система може автоматично перейти в режим «очікування», або примусово (в ручному режимі) в режими «перезапуск» або «примусова зупинка».

г) «Очікування». У цьому режимі алгоритм не обробляє дані. Режим очікування необхідний для того, щоб дати системі час вийти в нормальний робочий режим після усунення збоїв або налаштування системи. Час очікування встановлено в 5 хвилин, необхідних для нагріву обігріваємого БДПЗ-Р. У режим «очікування» алгоритм автоматично переходить з режиму «зупинка», якщо:

- система знаходиться в режимах «Контроль за БДПЗ-Р -1», «Контроль за БДПЗ-Р -2»;
- присутні зворотні сигнали БПУ (BPU1A_S, BPU2A_S), відповідні встановленим режимам системи;
- два датчика з трьох, які входять до складу системи (БДПЗ-Р1, БДПЗ-Р2, ПТ АСКРТ), знаходяться в працездатному стані.

По закінченні часу очікування алгоритм автоматично переходить в режим «перезапуск». Примусово (у ручному режимі) можна перевести алгоритм в режими «перезапуск» або «примусова зупинка».

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						58
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

д) «Примусова зупинка». У цьому режимі алгоритм не обробляє дані. З режиму «примусова зупинка» алгоритм можна перевести (в ручному режимі) в режим 0 «перезапуск».

6.3 Вирішення проблеми стрибків

6.3.1 Постановка задачі

Під час лабораторних випробувань методу старту системи у повітрі, при зануренні «гарячого» БДПЗ-Р у ємність з водою, сигнал від цього БДПЗ-Р раптово різко знизився, після чого знову повернувся до свого значення. Явище тривало близько 2 секунд. Реакцією алгоритму контролю рівня теплоносія на таке стрімке просідання температури стало лже-спрацювання сигналізації. При повторних дослідах таке явище більше не спостерігалось.

Старт системи у повітрі передбачає розігрів «гарячого» БДПЗ-Р зниженим струмом, а перехід на повний струм обігріву відбувається при потраплянні датчика у воду (теплоносії). У такий спосіб досягається можливість проведення випробувань системи при заповненні першого контуру, і не потрібно знижувати рівень теплоносія першого контуру штучно.

При зануренні розігрітого зниженим струмом БДПЗ-Р, температура якого становила близько 350 С, у воду (в лабораторних умовах вода була звичайна, не дистильована і без додання борної кислоти) одночасно з підвищенням струму обігріву, поблизу БДПЗ-Р випарувалась невелика кількість води. Це і спричинило стрімке просідання температури (при зміні фазового стану деяка кількість тепла витрачається на розірвання міжмолекулярних зв'язків).

Це явище отримало назву «стрибок» і спричинило ряд тривог. По-перше, можливою причиною «стрибка» є не лише старт системи у повітрі (так званий стрибок «вниз»), а і потраплення на датчик невеликих пухирів (так званий стрибок «вгору»). Поява будь-якого із «стрибків» веде до лже-спрацювання алгоритму

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						59
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю рівня теплоносія, що є небажаним і шкідливим. По-друге, метод запуску системи в повітрі використовується лише при випробуваннях системи, і лже-спрацювання в таких умовах шкодить результатам випробувань. Після аналізу вищевказаних факторів було поставлено задачу програмно виключити можливість впливу «стрибків» на результат роботи алгоритму контролю рівня теплоносія.

Технічно цю проблему можна було би вирішити шляхом дублювання «гарячого» БДПЗ-Р, але для встановлення ще одного датчика під кришкою реактора немає місця. Стандартні програмні рішення поставленої задачі були відсутні.

6.3.2 Розробка моделі рішення

Для вирішення поставленої задачі доцільно було б ввести затримку на обробку значень алгоритмом контролю рівня теплоносія. В такому випадку в кожен момент часу на обробку поступає не поточне значення, а значення, що було n секунд тому. При такому підході можливо проаналізувати оброблюване значення в контексті наступних, і якщо в цих n значеннях зафіксовано «стрибок» – провести його згладжування.

Але таке рішення неможливе в силу того, що введена затримка є постійною і уповільнює реакцію алгоритму на зниження рівню теплоносія. У технічному завданні на систему величина затримки на спрацювання сигналізації становить 10 секунд. Час, за який система реагує на зниження рівню, інколи сягає 7-8 секунд і залежить від струму обігріву БДПЗ-Р, отже можна ввести максимальний розмір затримки у 1-2 секунди, чого не достатньо для фіксації стрибків, оскільки замало точок для аналізу.

Однак вирішення проблеми неможливе без введення додаткової затримки, оскільки «стрибок» відрізняється від зниження рівня лише тривалістю. Тому затримку, що вводиться у такий спосіб, необхідно мінімізувати.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						60
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

Метод, що дозволить мінімізувати затримку, а іноді навіть не вводити додаткової затримки, полягає в тому, що затримка не має бути постійною, а вводитись лише тоді, коли є підозра на те, що поточне значення є отриманим внаслідок «стрибку». Після затримки всі накопичені значення можна обробити в одному такті обчислень і продовжити роботу в реальному часі. В такому випадку, якщо за «стрибок» було прийнято реальний процес зниження рівня теплоносія, введена затримка на аналіз становитиме:

$$T = \max(n, T_s), \quad (6.7)$$

де T – сумарна затримка,

n – затримка, що відбувається при підозрі на «стрибок»,

T_s – системна затримка на спрацьовування.

Якщо обрати $n < T$, то у випадках, коли $n < T_s$ додаткової затримки вводитись не буде. В рамках даного рішення назовемо процес, що відбувається під час затримки, «буферізацією», оскільки в цей час відбувається призупинка алгоритму контролю рівня теплоносія, а ті значення, що надходять до алгоритму, накопичуються в буфер. Блок-схема вказаної вище моделі рішення приведена на кресленику ІА61.170БАК.005 Д2.

Вирішивши проблему із затримкою, можна переходити до проблеми критерію, за яким можна встановлювати затримку, очікуючи «стрибок». Фактично нам потрібно фіксувати зміну монотонності сигналу, що можна зробити багатьма способами.

Спочатку сформулюємо вимоги до цього критерію:

- процес буферізації повинен починатись як найскоріше, щоб мінімізувати затримку, якщо за «стрибок» було прийнято реальний процес.
- оскільки процес буферізації може вводити додаткову затримку при спрацьовуванні сигналізації, буферізація повинна проводитись так рідко, як це можливо.

Такі вимоги виключають можливість використання більшості з очевидних методів розпізнання «стрибків» в якості критерію, як то, наприклад, аналіз знаку

					ІА61.170БАК.005 ПЗ	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		61

похідної. Після проведення розрахунків і тестів було обрано критерій, що базується на методі екстраполяції. Під час роботи алгоритм контролю рівня теплоносія накопичує масив з NL попередніх значень сигналу БДПЗ-Р. Ці значення апроксимуються прямою за методом найменших квадратів, потім береться наступне значення цієї прямої. При нормальній роботі системи відхилення отриманого значення від реального буде незначним, оскільки процеси нагріву і охолодження є монотонними. Максимальних значень відхилення набуває при зміні сигналом похідної [15-16].

На рисунках 6.3 та 6.4 приведені графіки, які доводять, що такий критерій дійсно працює. Червоним кольором позначено реальний сигнал, синім – екстрапольовані значення.

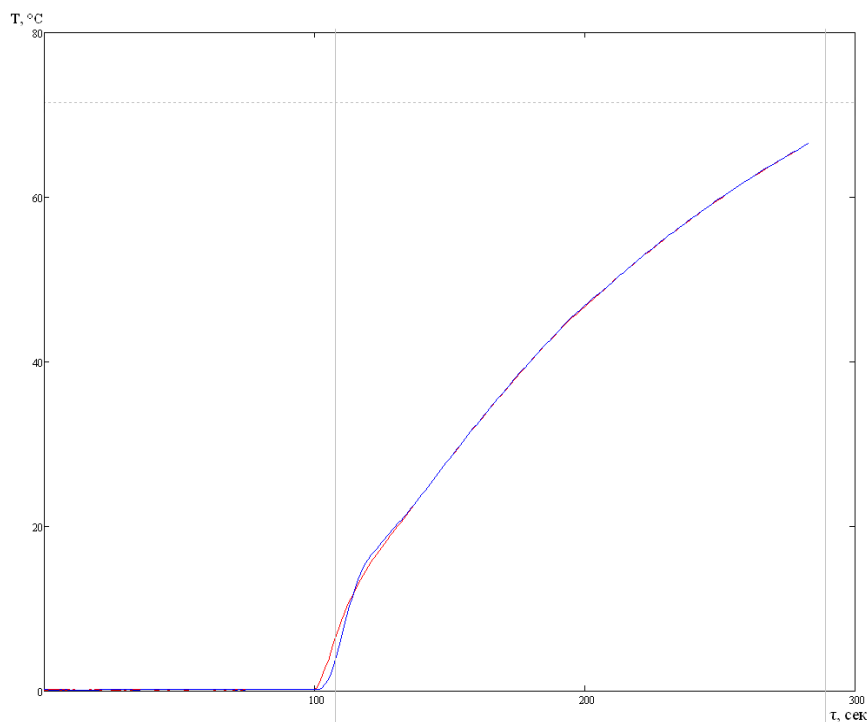


Рисунок 6.3 –Графік реальної та екстрапольованої температури при зниженні рівня теплоносія

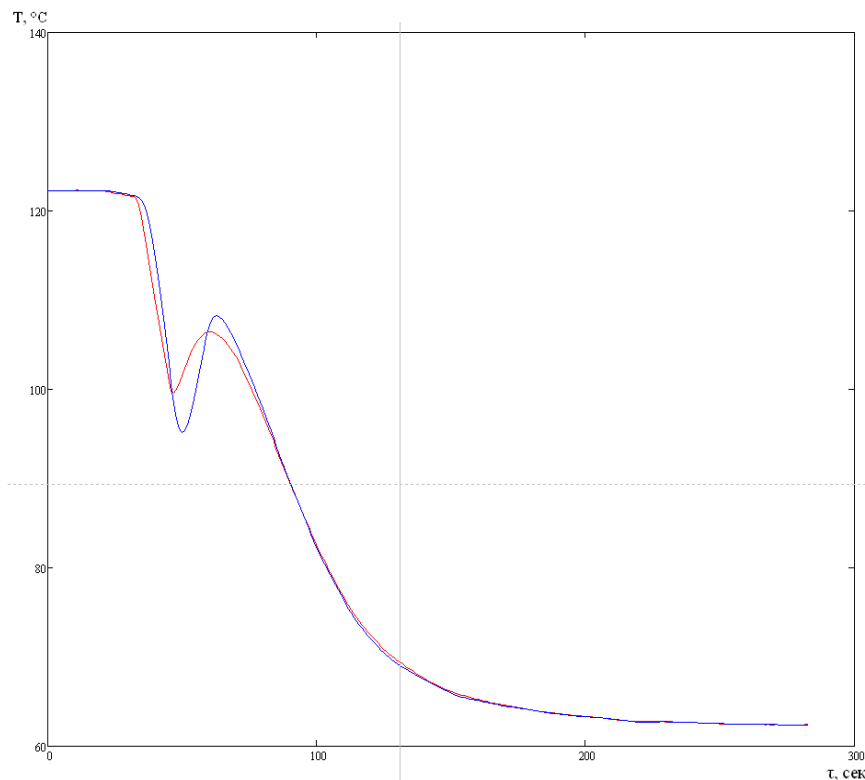


Рисунок 6.4 – Графік реальної і екстрапольованої температури при поверненні рівня теплоносія (старт «в повітрі»)

Оскільки «стрибок» супроводжується зміною знаку похідної сигналу, то таким чином можна виявити «стрибок», що знаходиться у «буфері» та згладити його. Є багато способів згладжування стрибку, як то, наприклад, апроксимація, або відкидання значень, що були отримані під час «стрибку». Але найпростішим з них є заміна усіх значень буферу, крім першого і останнього реального значення, на точки прямої, що проходить через ці дві точки. Таке рішення, при своїй простоті, відносно добре виглядає на графіку і зменшує навантаження на розрахунковий апарат.

6.3.3 Отримані результати

На рисунках 6.5 та 6.6 наведені графіки, що ілюструють роботу розробленого методу. Червоним кольором позначено реальні значення стрибка.

Синім кольором позначені значення, що надійшли до алгоритму контролю рівня теплоносія.

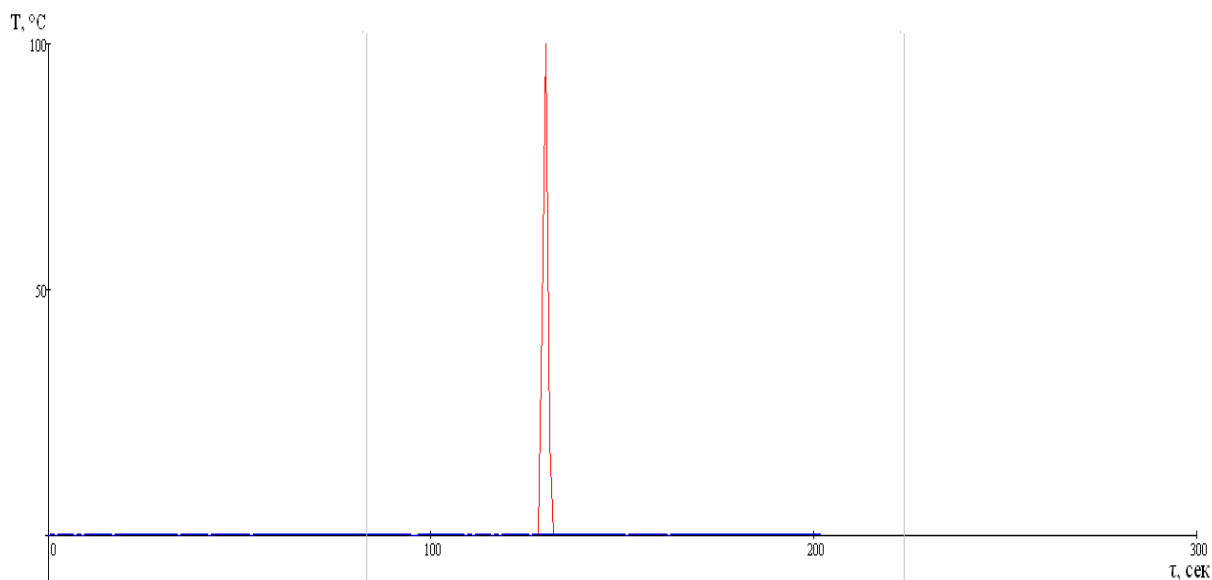


Рисунок 6.5 – Згладжування лінійного стрибку

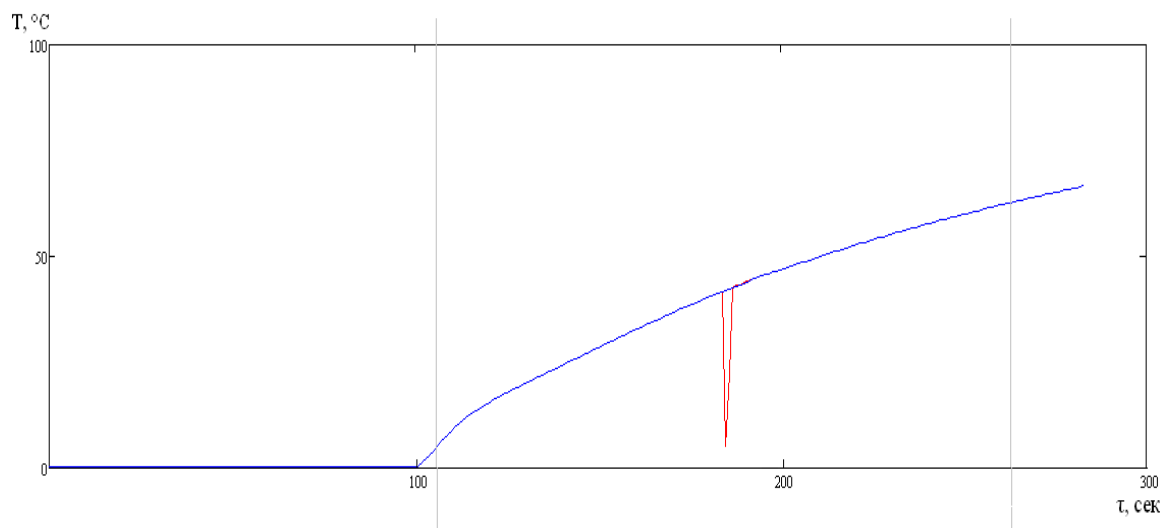


Рисунок 6.6 – Згладжування стрибку під час зростання сигналу

На рисунку 6.7 зображено згладжування «стрибку», що відбувся під час повернення рівня теплоносія. Синім кольором позначено реальні значення, червоним – значення що надійшли до алгоритму контролю рівня теплоносія.

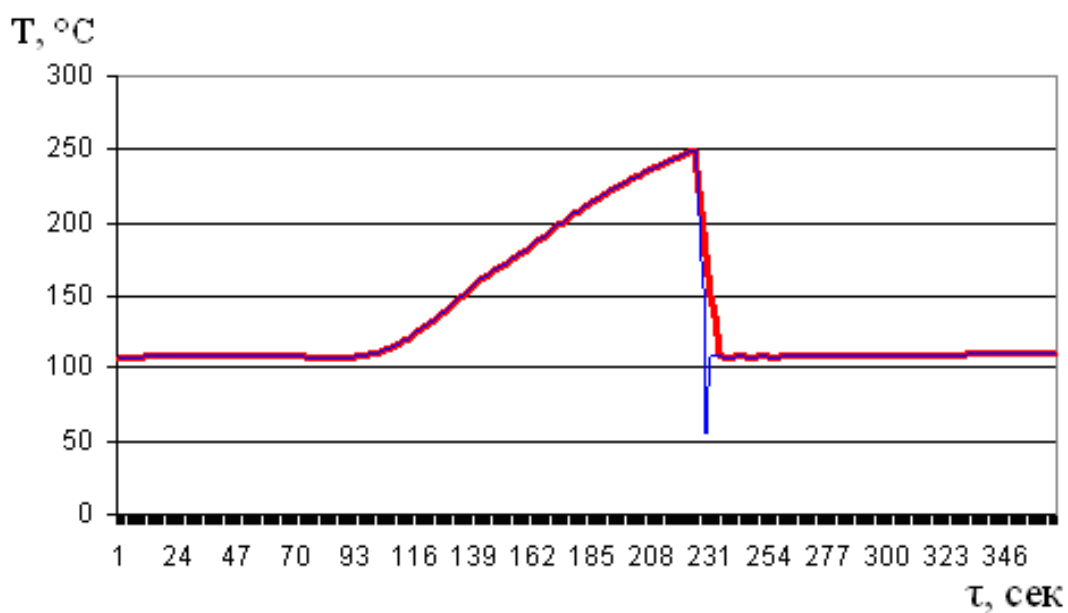


Рисунок 6.7 – Згладжування стрибку під час спадання сигналу

На графіках видно, що «стрибки» у сигналі від датчиків не надходять на обробку до алгоритму контролю рівня теплоносія. Отже, проблема є вирішеною.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

IA61.170БАК.005 ПЗ

Аркуш

65

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту була розроблена система контролю рівня теплоносія в реакторі типу ВВЕР-1000. Функції такої системи реалізовані у рамках ПАМС (система поставарійного моніторингу), яку почали встановлювати на енергоблоках України впродовж 6 років починаючи з 2012 року.

Розроблена система повністю задовольняє заданим вимогам. Автоматизована система контролю рівня теплоносія (АСКРТ) є розподіленою, децентралізованою, ієрархічною системою, відкритою для її подальшого розвитку шляхом підключення локальних підсистем.

АСКРТ призначена для безперервної цілодобової експлуатації у складі водно-водяних енергетичних реакторів в режимі нормальної експлуатації, а також в аварійних і післяаварійних режимах, включаючи максимальну проектну аварію типу LOCA.

АСКРТ визначає наявність (відсутність) парогазової суміші і падіння рівня теплоносія нижче точок місце розташування первинних датчиків, реєструє і зберігає виміряну та розрахункову інформації, достатню для однозначного встановлення вихідних подій виникнення порушень нормальної експлуатації і аварій, їх розвитку; формує довготривалий архів; контролює працездатність та діагностує власні технічні та програмні засоби.

У ході виконання дипломного проекту були розроблені: структурна схема обладнання системи контролю рівня теплоносія у реакторі ВВЕР-1000, структурна схема програмного забезпечення, електрична принципова схема.

					<i>IA61.170БАК.005 ПЗ</i>	Аркуш
						66
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Овчинников, Ф.Я. Эксплуатационные режимы АЭС с ВВЕР-1000 [Текст] / Ф. Я. Овчинников, В.В. Семенов - Москва: «Вища школа», 1992. - 411 с.
2. Атомні електростанції. Системи контролю і управління, важливі для безпеки. Програмне забезпечення комп'ютерних систем, що виконують функції категорій В та С [Текст]: ГОСТ Р МЕК 62138: 2010 рік - Чинний з 2012-01-10. - Москва: «Стандартинформ», 2010. - 55 с.
3. Система контролю парогазового об'єму під кришкою реактора для непрямого вимірювання рівня теплоносія в корпусі реактора енергоблоку №3 Запорізької АЕС (СКУТ ЗАЕС-3). Загальний опис системи [Текст]: АЮФА.04.00.00 ПД - К.: НВФ «ІНІТ», 2011. - 47 с.
4. Система контролю парогазового об'єму під кришкою реактора для непрямого вимірювання рівня теплоносія в корпусі реактора енергоблоку №3 Запорізької АЕС (СКУТ ЗАЕС-3). Технічне забезпечення. Специфікація обладнання [Текст]: АЮФА.04.40.00 В4 - К.: НВФ «ІНІТ», 2011. - 10 с.
5. Термоперетворювачі ТПС-0101 [Текст] — Львів: НВО «Термоприлад», 2003. — 15 с.
6. Система контролю парогазового об'єму під кришкою реактора для непрямого вимірювання рівня теплоносія в корпусі реактора енергоблоку №3 Запорізької АЕС (СКУТ ЗАЕС-3). Опис програмного забезпечення [Текст]: АЮФА.03.60.00.ПА-ЛУ - К.: НВФ «ІНІТ», 2009. - 30 с.
7. Система контролю парогазового об'єму під кришкою реактора для непрямого вимірювання рівня теплоносія в корпусі реактора енергоблоку №3 Запорізької АЕС (СКУТ ЗАЕС-3). Інструкція по формуванню та веденню бази даних [Текст]: АЮФА.03.50.00 І4-ЛУ - К.: НВФ «ІНІТ», 2009 - 48 с.
8. Система контролю парогазового об'єму під кришкою реактора для непрямого вимірювання рівня теплоносія в корпусі реактора енергоблоку №3 Запорізької

АЕС (СКУТ ЗАЕС-3). Технічне забезпечення. Специфікація обладнання [Текст]: АЮФА.04.40.00 В4 - К .: НВФ «ІНІТ», 2011. - 10 с.

9. Система контролю парогазового об'єму під кришкою реактора для непрямого вимірювання рівня теплоносія в корпусі реактора енергоблоку №3 Запорізької АЕС (СКУТ ЗАЕС-3). Загальносистемні рішення. Схема функціональної структури [Текст]: АЮФА.04.20.00 С2 - К .: НВФ «ІНІТ», 2011. - 26 с.
10. Ю.І. Неймарк, Н.Я. Коган, В.П. Савельєв, “Динамічні моделі теорії управління”, 1985, с. 400.
11. Ред. К.А. Пупкова, Н. Д. Єгупова, “Методи класичної та сучасної теорії автоматичного управління: Математичні моделі, динамічні характеристики та аналіз автоматичних систем управління”. Видавництво МГТУ, Н.Є. Бауман, 2004, с.656.
12. Р. Дорф, Р. Бішоп, “Сучасні системи управління”. Переклад з англійської: В.І. Копилова, Лабораторія базових знань, 2002, с. 832.
13. Н.Б. Рєпнікова, “Теорія автоматичного управління: класика та сучасність”. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2011, с. 328.
14. Р. Ізерман, “Цифрові системи управління”. Переклад з англійської: С. П. Забродін та ін, 1984, с. 541.
15. А.А. Самарський, А.В. Гулін, “Числові монети: навчальний посібник для вузів”, Наука, 1989, с. 432.
16. Введення в обчислювальну математику: навчальний посібник для студентських вузів [PDF] / В.С. Рябенський. - 3-е изд., Виправив і доповнив - М .: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 288 с.

The criterion for determining the buffering time of the measuring channel for smoothing the variable changes of the sensor signal

Volodymyr Shymkovych

Department of Automation and Control in Technical Systems
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute»

37, Prosp. Peremohy, Kyiv, 03056, Ukraine
v.shymkovych@kpi.ua

Veronika Niechikina

Department of Automation and Control in Technical Systems
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute»

37, Prosp. Peremohy, Kyiv, 03056, Ukraine
ni2403kalos@gmail.com

Abstract — The criterion of determining the time of buffering of the measuring channel for smoothing the jumble changes of the sensor signal is developed in the work. The problem of the occurrence of rapid abrupt changes in temperature during the operation of the system of fixing changes in the level of liquid in the tank is considered. The buffering criterion was implemented in the course of solving the problem. The signal's changes were recorder in the buffer.

Keywords — control system, buffering, delay, extrapolation.

I. INTRODUCTION

It is necessary to analyze the changes of many controls in real time in modern control systems. There are systems that analyze the change of a signal. This signal is measured by some sensor and reflects some physical process. The purpose of such systems is to analyze the value of the measured signal and to control processes and objects.

During the operation of such systems, short-term processes may occur, accompanied by a sudden change in the measured signal [1 – 2]. Such processes are generally quite unlikely, but if the task of the system is to analyze and react to the signal change itself, then such a jump during processing may cause the system to react. Usually the system's response to such phenomena is unnecessary, and more often even harmful. The abrupt change in the measured signal is a local phenomenon and does not characterize the measured process. Solving this problem can significantly improve the accuracy of changing the parameters of the object in classic control systems and intelligent [8 – 10].

For example the system consists of a sensor that measures the boiling water temperature. During the boiling of water, the phase state of a small amount of water near the location where the sensor is installed may change. In this case, the temperature of the sensor will decrease significantly over a short period of time. As a result, the system processes the signal value, which is not a characteristic of the boiling process.

Such abrupt signal changes are rather short-lived. The signal will return to the previous value. Information about the signal will go into the system. The system will respond to the jump and process the signal data during the jump.

The goal of this work is to eliminate jumps and smooth the signal. Also the control system analyzing signal changes should stop responding to short-term signal changes.

It is possible to counteract the impact of the jumps by introducing additional sensors or adding buffering to the

communication channel between the sensor and the control system. The introduction of buffering will delay the processing of data. Jumping will be processed in the buffer. However, the introduction of additional sensors increases the cost of the system, and the installation of an additional sensor is only possible if there is room to install it.

II. ANALYSIS OF EXISTING SOLUTIONS

A. The Moving Average Method

Consider the existing methods for solving this problem. One such method is the Moving Average Method. A moving average is a family of functions whose values at each definition point are equal to the average value of the original function for the previous period. Moving averages are commonly used with time series data to smooth out short-term fluctuations and highlight major trends or cycles [3].

The method is based on the transition from the initial values of the series to their average values on the time interval, the length of which is selected in advance (this time interval is often called the 'window'). In this case, the selected interval itself slides along the row. The series of moving averages thus obtained behaves more smoothly than the original series, due to the averaging of the deviations of the initial series.

A formal definition of the moving average method for a smoothing 'window', the length of which is expressed by an odd number $p = 2m + 1$. Let there be measurements in time: y_1, y_2, \dots, y_n .

Then the moving average method consists in converting the original time series into a series of smoothed values (estimates) using the formula:

$$\hat{y}_j = \frac{1}{p} \sum_{i=j-m}^{j+m} y_i \quad (1)$$

where p is the window size, j is the sequence number of the level in the smoothing window, m is the value determined by the formula: $m = (p - 1) / 2$.

When using the moving average method, the choice of the size of the smoothing window p should be based on considerations and attachment to the season period for seasonal waves. If the moving average procedure is used to smooth out non-seasonal series, then the window is chosen equal to three, five or seven. The larger the window, the smoother the chart of moving averages [4].

B. The Media Filter

One way of solving this problem is to use a median filter. The median filter is nonlinear filters are useful in

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата

reducing random noise, especially when the noise amplitude probability density has large tails, and periodic patterns. The median filtering process is accomplished by sliding a window over the image. The filtered image is obtained by placing the median of the values in the input window, at the location of the center of that 'window', at the output image. The median is the maximum likelihood estimator of location in the case of Laplacian noise distribution. For relatively uniform areas, the median filter estimates the gray-level value, with particular success in the presence of long-tailed noise. As an edge is crossed, one side or the other dominates the window, and the output switches sharply between the values. Thus, the edge is not blurred. The disadvantages of such filters are that they break the edges of the image and create the edges of false noise. This occurs when there are small signal to noise ratios. Also, they cannot suppress mid-tailed (Gaussian) noise distributions [5].

There are a number of variations of this filter, and a two-dimensional variant is often used in DSP systems to remove noise and speckles from images. The nonlinear function of the median filter can be expressed as:

$$y(n) = \text{med}[x(n-k), x(n-k+1), \dots, x(n+k-1), x(n+k)] \quad (2)$$

where $y(n)$ is the output and $x(n)$ the input signal. The filter "collects" a window containing $N=2k+1$ samples of the input signal and then performs the median operation on this set of samples. The median filter itself is simple and in the standard form there is only one design parameter, namely the filter length $N=2k+1$.

Analyzing combinations of linear filters using the principle of superposition is in many cases easier than analyzing combinations of nonlinear devices like the median filter. However, using a method called threshold decomposition lets us divide the analysis problem of the median filter into smaller parts. This means decomposing it into $M-1$ binary signal $x^1(n), x^2(n), \dots, x^{M-1}(n)$:

$$y(n) = x(n-1) \cap x(n) \cup x(n-1) \cap x(n+1) \cup x(n) \cap x(n+1) \quad (3)$$

$$x(n) = \sum_{m=1}^{M-1} x^m(n) \quad (4)$$

The property of a median filter is that instead of filtering the original M -valued signal, we can decompose it into $M-1$ "channels" (Eq. 3) each containing a binary median filter. Then we can add the outputs of all the filters (Eq. 4) to obtain an M -valued output signal [6].

The threshold decomposition method is not only good for analyzing purposes, but it is also of great interest for implementing median filters. A binary median filter is easy to implement, since the median operation can be replaced by a simple vote of majority. If there are more ones than zeros, the filter output should be one. This can be implemented in many different ways. For example, a binary median filter of length $N=3$ can be implemented using simple Boolean functions:

$$y(n) = x(n-1) \cap x(n) \cup x(n-1) \cap x(n+1) \cup x(n) \cap x(n+1) \quad (5)$$

where $x(n)$ and $y(n)$ are binary variables and the Boolean operations \cap is AND and \cup is OR. For large filter lengths, this method may result in complex Boolean calculations, and a simple counter can be used as an alternative.

If the median filter is implemented as software on a digital computer, any standard sorting algorithm like "bubblesort" or "quick sort", can be used to sort the values,

if a stacked filter approach is not taken. When calculating the expected sorting time, it should be noted that we do not need to sort all the values in the filter window of the median filter. We only need to continue sorting until we have found the mid-valued sample [7].

III. CRITERIA FOR DETERMINING THE TIME OF BUFFERING

The introduction of an additional delay in turn increases the response time of the system to changes in the fluid level. Let the system receive data at intervals 1 second, buffer size $-n$, basic system response delay $- \tau_{sys}$, maximum allowable delay $- \tau_{max}$. Buffering time:

$$\tau_{buff} = n \cdot lc \quad (6)$$

Then, with the introduction of buffering, the new delay will be:

$$\tau_L = \tau_{sys} + \tau_{buff} \quad (7)$$

The values $\tau_{max} - \tau_{sys}$ is small for system, the introduction of a buffer the size of which is sufficient for the detection and processing of jumps will cause the delay to be exceeded τ_{max} , which is inadmissible. Since the jumps are different from the processes served only in duration, the programmatic jump recognition is not possible without the introduction of buffering [11-13].

An additional problem: minimize the delay that is introduced to the system when solving the task.

When buffering is introduced, a delay occurs. It can be minimized if buffering is not continuous. Provided that the signal has changed. If at the end of the accumulation of signal values in the buffer to process them not one by one, but all together in one iteration of the processing cycle, then this approach allows to reduce the total system delay. If the size of the buffer $-n$, basic system response delay $- \tau_{sys}$, maximum allowable delay $- \tau_{max}$, then:

$$\tau_L = \max(\tau_{buff}, \tau_{sys}) < \tau_{max} + \tau_{buff} \quad (8)$$

If possible, pick one n , at which $\tau_{buff} = n \cdot lc \leq \tau_{max}$, then:

$$\tau_L = \max(\tau_{buff}, \tau_{sys}) = \tau_{sys} \quad (9)$$

There will be no further delay in applying the proposed method.

It is necessary to formulate a criterion that will determine the possibility of a jump. In general, the buffering criterion depends on the scope of the system. Suppose that the actual processes served by the system can be broken down into separate monotone sections.

If for the processes occurring during the operation of the system, it is possible to choose such a method of extrapolation of the next value of the signal that it will give the maximum deviation from the real value obtained at the places of change of the monotone of the signal, then the difference between the real value of the signal and the extrapolated value at each time can use as a buffer criterion.

The buffering algorithm process is shown in Fig. 1.



Fig. 1. Flowchart of the buffering process

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

Consider the process of fixing the change in the liquid level in the tank [14]. The locking system works in real time and has a sensor immersed in some liquid. If the liquid level decreases, the sensor enters the air, its temperature increases due to changes in heat transfer. One of the algorithms of the system responds to this temperature rise and informs the operator about the liquid level decrease. When the liquid level rises again and covers the sensor, its temperature decreases and the alarm goes off. In some cases, rapid abrupt changes in temperature may occur, which can be recognized by the algorithm as a decrease/return of the fluid level and lead to an erroneous alarm.

The general view of the signal generated by the system is shown in Fig. 2. If you divide the graph into separate sections, the signal is first constant, then monotonically increasing, then again has a constant plot, then monotonically decreases and becomes constant again, you can approximate the value of the signal by the least squares method, and take the next point on that line, then the value will deviate as much as possible from the actual value obtained at the places of change of monotony.

In the course of the work numerous checks were carried out on real signals. The graph of the signal and the extrapolated values is shown in Fig. 3 and Fig. 4. It shows

that the maximum deviation of the extrapolated value deviates from the real signal at the inflection points.

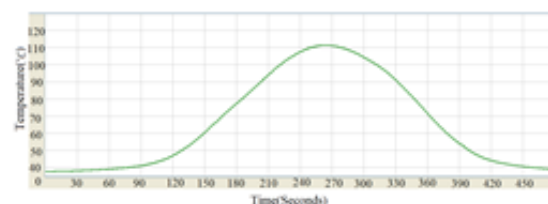


Fig. 2. Graph of the temperature of the liquid level sensor

Figures 3 and 4 present numerous signal values, extrapolated values and deviations of extrapolation from the real signal value. The data confirm that extrapolation can be used as a buffer criterion. Also, by analyzing the deviation, it can be seen that the value at the places of sharp change of the signal is much higher than the deviation at the places of the smooth change of the signal due to the decrease of the liquid level. Therefore, it is possible to set the maximum tolerance value to avoid buffering when the signal changes smoothly.

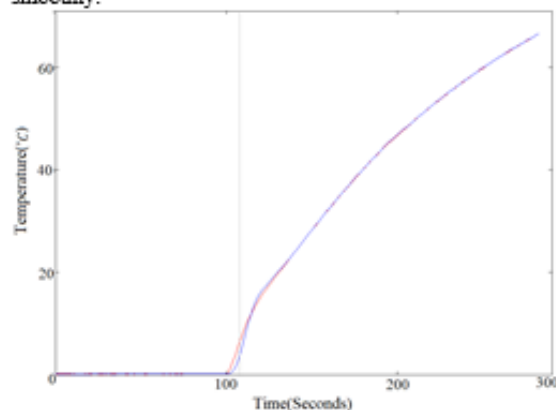


Fig. 3. Graph of the real and extrapolated values of the signal as it grows

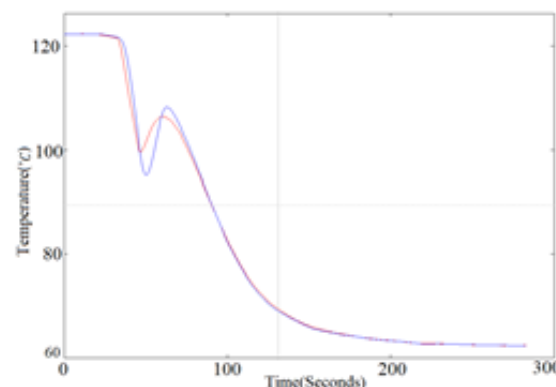


Fig. 4. Graph of the real and extrapolated values of a signal as it declines with the participation of some process

The deviation at the monotone sections of the module does not exceed 1. Therefore, for the presented example of

[15] the input signal, you can use the selected buffer criterion.

The following Fig. 5 and Fig. 6 illustrate the operation of a system of recording fluid level changes in a tank with a time buffer whose duration is determined by the proposed criterion. The actual color value of the signal is displayed in red, and the values transmitted to the handler are shown in blue.

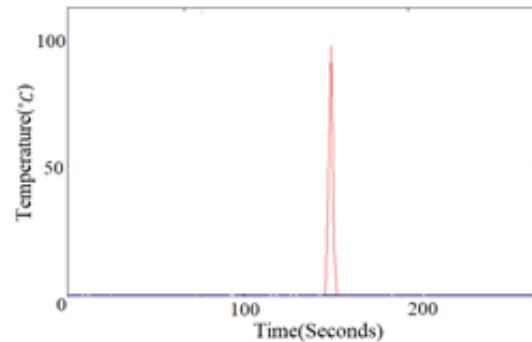


Fig. 5. Smooth linear jump

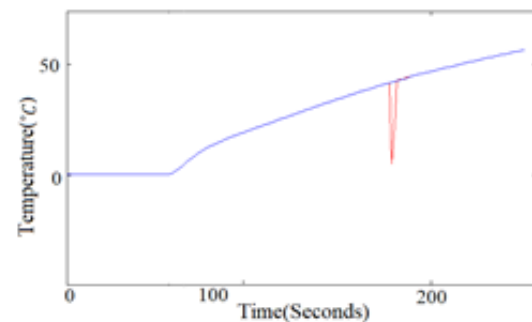


Fig. 6. Smoothing the jump as the signal grows

The Moving Average Method (MA) and The Median Filter are signal smoothing methods. The MA method finds the average values from the sample. The method averages the values that enter the 'window'. It writes the value and shifts one cell. Then it again averages the value and writes it. This goes through the entire array of values. The result is an array of averaged values. The Median Filter selects the average from the input array. The input array is equal to the 'filter window'. Then writes the average value. Then selects the next array. Buffer criterion is a buffer-based signal smoothing method. The signal values are written to the buffer until it is filled and processed simultaneously. This will reduce system latency. Using extrapolation, the criterion predicts the occurrence of a signal jump.

V. CONCLUSIONS

Processes that occur during the test of control systems are accompanied by a sudden change in the measurement signal. Such phenomena force the system to react, which is harmful. It is possible to counteract the impact of the jumps by introducing additional sensors or adding buffering to the communication channel between the sensor and the control

system. The introduction of buffering will delay the processing of data. Jumping will be processed in the buffer.

The problem of the influence of stubby changes in the measuring signal was solved using the buffer criterion. Using the difference between the actual value of the signal and the extrapolated value at each time point, we recorded the change in the derivative signal during buffering. Processing the buffer after detecting a sudden change in the measured signal is performed by combining the values before and after buffering with one straight line. It was this that made it possible to accurately record the temperature without rapid jumps when changing the liquid level in the tank. The results obtained can be used in measurement and control systems for various objects and processes.

REFERENCES

- [1] Marcelo Godoy Simes; Felix A. Farret, "DESIGNING POWER ELECTRONIC CONTROL SYSTEMS" in Modeling Power Electronics and Interfacing Energy Conversion Systems, IEEE, 2017, pp.83-116
- [2] N.B. Repnikova, "Automatic Control Theory: Classics and Modernity". K.: NTUU "KPI", 2011.
- [3] Droke, "Moving Averages Simplified", 2001
- [4] Paskalis Glabadanidis, "Market Timing and Moving Averages: An Empirical Analysis of Performance in Asset Allocation", 2015, pp. 33-56
- [5] Makoto Ohki, Anastasios N. Venetsanopoulos, in Control and Dynamic Systems, 1995, pp. 28-89
- [6] James D. Broesch, in Digital Signal Processing, 2009, pp.101-123
- [7] Lizhe Tan, Jean Jiang, in Digital Signal Processing (Third Edition), 2019, pp.59-89, pp.173-228
- [8] Asif Sabanovic; Kouhei Ohnishi, "Control System Design" in Motion Control Systems, IEEE, 2011, pp.29-59
- [9] A. Gaddam, S. C. Mukhopadhyay and G. S. Gupta, "Intelligent bed sensor system: Design, experimentation and results" 2010 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS), Limerick, 2010, pp. 220-225.
- [10] J. Rivera-Mejía, E. Arzabala-Contreras and Á. G. León-Rubio, "Approach to the validation function of intelligent sensors based on error's predictors" 2010 IEEE Instrumentation & Measurement Technology Conference Proceedings, Austin, TX, 2010, pp. 1121-1125.
- [11] V. I. Sivetskiy, O. M. Khalimovskiy, O. L. Sokolovskiy and I. I. Ivitskiy, "Automation of intelligent sensor injection inlet in polymer moldings by using vector controlled electric drive" 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Kiev, 2017, pp. 534-537.
- [12] Oleksandr G., Rehida P., Volokita A., Loutsikii H., Thinh V.D., "Routing Method Based on the Excess Code for Fault Tolerant Clusters with InfiniBand" In: Hu Z., Petroukhov S., Dychka L., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education II. ICCSEEA 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 938. Springer, Cham
- [13] Kravets, P. I., Shymkovych, V. M., & Samotyty, V., "Method and technology of synthesis of neural network models of object control with their hardware implementation on FPGA" Paper presented at the Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2017, 2 947-951. doi:10.1109/IDAACS.2017.8095226
- [14] Hu Z., Mukhin V., Kornaga Y., Volokita A. and Herasymenko O., "The scheduler for distributed computer systems based on the network centric approach to resources control" Paper presented at the Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2017, 1, pp. 518-523. doi:10.1109/IDAACS.2017.8095135
- [15] Petr I. Kravets, Tatyana I. Lukina, Valeriy A. Zhrebko, Vladimir N. Shimkovich, "Methods of Hardware and Software Realization of Adaptive Neural Network PID Controller on FPGA-Chip" Journal of Automation and Information Sciences. New York, USA, 2011, Vol. 43, Issue 4, pp. 70-77.

Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата